

Le fondazioni delle dighe su terreni e su ammassi rocciosi: introduzione

M. DOLCETTA *

SOMMARIO: Vengono passati in rassegna i problemi tecnici ed economici delle fondazioni delle dighe, anche per introdurre i successivi interventi del « panel » di esperti sul tema.

Il Presidente Travaglini ha già indicato le linee secondo le quali si è inteso impostare la relazione sul tema che ci siamo dati per questo Congresso, un approccio che prevede una relazione generale composita quale risultato di un esame di un problema sotto differenti angolazioni.

Mi pare che l'approccio sia sostanzialmente corretto e difatti parlare della fondazione delle dighe vuol dire affrontare un argomento classico e vastissimo, dell'ingegneria civile, argomento che, con aspetti multiformi, coinvolge numerose discipline specialistiche, e tutti i problemi di interfaccia fra queste discipline.

Non si tratta, d'altronde, di un campo dove si siano verificati o si verifichino con un ritmo rapido mutamenti nelle tecniche e nelle teorie, e da questo punto di vista credo che si debba spiegare il numero solo relativamente esiguo delle memorie presentate.

Il Prof. Lotti mi diceva l'altro giorno: sull'argomento, non vi è molto da dire su quello che sappiamo, appunto perché da tempo lo sappiamo, e molto poco su quello che non sappiamo.

Io vorrei — prendendo spunto da un'opinione che ho forse sintetizzato in termini troppo semplicistici — di contro esprimere l'avviso che ci sia parecchio da dire circa i limiti di ciò che crediamo di sapere e circa i limiti delle possibilità di apprendere ciò che non conosciamo.

In conclusione, avuta considerazione appunto dell'ampiezza del tema, e d'altro canto, in base a considerazioni del tipo di quelle che ho fatto prima, si è ritenuto sostituire ad una relazione generale, una sorta di relazione a più voci, ciascuna di tali voci essendo destinata ad approfondire il problema secondo il punto di vista dei propri interessi e competenze.

* Dott. Ing. Morando DOLCETTA, Direttore Centrale delle Costruzioni - ENEL, Roma.

Ciò detto vado ad assumere la mia parte, e cioè a fare qualche osservazione, oppure a citare alcuni argomenti di discussione, da quello che è il mio attuale punto di vista.

Chi vi parla, difatti — dopo alcuni anni di attiva militanza progettistica e costruttiva, svolta proprio in questa Regione ed in queste contrade di cui ieri avete sentito illustrare le prerogative, e cui io sono particolarmente affezionato, come si è sempre affezionato ai posti dove si è sviluppata la parte migliore della propria carriera e della propria attività — è passato a un'attività di coordinamento, — lo faccio anche oggi, il coordinatore, si vede che ormai mi si addice, — di supervisione, di indirizzo, di scelta ed infine di decisione su progetti non miei, su quelli di altri, miei collaboratori, amici; faccio la parte, insomma, del committente o dell'autorità beninteso nel senso anglosassone della parola.

È da tale angolazione che provengono le osservazioni che andrò a fare.

Se pure con accentuazione ed importanza diversa — a seconda delle geomorfologie locali — i problemi che si pongono a chi deve fondare una diga sono sempre gli stessi.

Primo: Qual'è la resistenza, principalmente anche se non solamente, alle sollecitazioni tangenziali, della formazione lapidea o clastica, semplice o complessa, rispetto ai carichi imposti da dighe di vario tipo ed al carico idraulico dei serbatoi?

Secondo: Qual'è — se la stabilità è assicurata — la deformabilità in generale o, magari le deformabilità localmente variabili dei terreni medesimi?

Terzo: Qual'è la situazione idrologica dei terreni? E come i terreni stessi, e con quali modalità e con quali prevedibili conseguenze, pos-

sono essere percorsi da flussi idrici più cospicui e con gradienti più elevati?

Ora mi sembra pacifico che la tecnica attuale consenta una, talvolta accurata molto più spesso sommaria, risposta ai tre quesiti. E cioè una valutazione, di approssimazione variabile, dei parametri caratteristici delle formazioni naturali delle imposte. Pone a disposizione la tecnica stessa, una serie di provvedimenti atti ad assicurare una stabilità dove questa non fosse prevedibile nelle condizioni naturali del terreno. Pone, inoltre, a disposizione mezzi per limitare nei terreni la deformabilità — tema arduo ma che pure ha trovato qualche soluzione — e per eliminare, o anche solo limitare e in ogni modo controllare, i flussi idrici ad opere eseguite. L'ing. Sembenelli si soffermerà e sui limiti delle metodologie di indagine e sugli interventi migliorativi.

Quanto io desidero sottolineare è che le une — cioè le indagini — e gli altri — cioè i provvedimenti migliorativi — hanno compiuto, sì, negli ultimi anni progressi sostanziali, ma, sottolineo ancora, non risolutivi. È molto, ancora, quello che in fase di indagine non riusciamo a sapere, e cioè a determinare in via quantitativa. Ciò appare ben spiegabile quando si consideri che quello che si vorrebbe ottenere è un apprezzamento sia puntuale, sia mediato, delle caratteristiche di ammassi di fondazioni di estensioni ingenti nelle tre dimensioni. I rilievi geologici e strutturali, le prove in sito, le campionature, gli esami di laboratorio, di cui — è ovvio dirlo — non potrei che ribadire in ogni caso la necessità di un'esecuzione ampia ed estensiva, per una loro interpretazione corretta che deve essere statistica non puntuale, deve potersi avvalere di un'ampia massa di dati che possa, appunto, interpretarsi con criterio statistico. A meno che ci si occupi di formazioni meccanicamente e strutturalmente omogenee — ma allora si va evidentemente nell'eccezione e non nella regola — tale massa di dati è difficile da raccogliere e dalle indagini non potremmo che delineare un quadro impressionistico, di cui il progettista dovrebbe saper valutare accuratamente i limiti di validità d'assie-me e di livello di esattezza del particolare.

Per quanto riguarda, d'altro canto, i provvedimenti migliorativi, l'entità delle forze e dei fenomeni in gioco, generati dalla costruzione di una grande diga, e l'entità delle masse e spesso la loro eterogeneità interessate dalle variazioni indotte dalla diga nel regime tensionale e in quello idraulico, pongono spesso fuori scala dal

punto di vista economico, ma talvolta anche tecnico, alcuni provvedimenti migliorativi che per opere di dimensioni più ridotte e per forze agenti minori possono avere indubbia, e in tal caso, sì, risolutiva efficacia.

Per spiegarmi con un esempio, se con cavi in tensione e con ancoraggi in tensione può essere abbastanza agevole assicurare la stabilità di un vano sotterraneo o quella di qualche scarpata, è ben difficile, in termini economici, migliorare sensibilmente la resistenza allo scorrimento di una fondazione mediocre sotto questo fondamentale aspetto. E questo è un problema — detto per inciso — che interessa molte delle formazioni italiane dove adesso si fanno dighe: citiamo le formazioni fliscoidi, le argille scagliose e tante altre formazioni che riguardano non tanto questa regione alpina, quanto la maggior parte delle altre regioni italiane.

Questo richiamo che è forse troppo ovvio ai limiti delle possibilità di conoscenze preliminari o di intervento sulla base di conoscenze preliminari imperfette, ha per conseguenza il richiamo — forse anche esso ovvio, ma che l'esperienza rivela essere non inutile — ad un concetto essenziale, che deve essere sempre presente al progettista delle grandi dighe, e anche ad un compito, pure essenziale, che il progettista, anche in vista delle future opere che deve progettare, deve adempiere a opera ultimata ed in esercizio.

Il concetto, espresso in termini privi di qualsiasi « nuance », è che una diga va adattata alle sue fondazioni, non le fondazioni alla diga. Le nuances, che ho trascurato in via semplicistica, ovviamente ci sono, e forse sono qualcosa di più di nuances; una certa fondazione può anche essere adatta a una certa diga, ma in limiti molto ristretti. Una diga, di converso, può — sia nei criteri generali di progetto che nei materiali, nelle modalità costruttive, nei tempi esecutivi — essere ampiamente adattata alle condizioni dei terreni d'imposta.

Un'altra osservazione, che è molto importante dal mio punto di vista, è che gli interventi migliorativi, quando non siano fuori scala, nel senso che ho detto prima, possono essere, anzi sono spesso, origine di gravi incertezze dal punto di vista economico. E quando parlo di incertezze economiche non mi riferisco solo a incertezze nella stesura dei vari costi di costruzione, ma a incertezze riferentesi a periodi successivi che influenzano molto la corretta valutazione di un progetto. Cioè le incer-

tezze relative ai costi di esercizio ed ai costi di manutenzione straordinaria.

In questo Congresso alcune memorie molto valide illustrano l'entità e l'importanza di interventi che si sono dovuti eseguire su alcune opere, dopo alcuni anni d'esercizio. In un caso particolare l'economicità del progetto, un vecchio progetto, era tale che non risultava inficiata da questi interventi successivi; altre volte, però, non si può dire la stessa cosa.

Non sto a citare qui i molti casi a mia conoscenza: ricorderò solo, a titolo d'esempio, che alla diga di Mattmark, che è una delle più celebri dighe in terra costruite alla fine degli anni '50 nelle Alpi svizzere, diga il cui progetto è stato per noi tutti fonte di molti insegnamenti sotto ogni aspetto, ogni tre o quattro anni si deve reintervenire nelle fondazioni, senza incidere sulla validità tecnica delle performances della diga, ma incidendo pesantemente sulla validità economica delle performances stesse. La tecnica ci permette mezzi perfettamente sicuri, di controllare un'opera; quello che non è sicuro è il costo di questi mezzi e il costo successivo di questi interventi.

La qual cosa è molto importante, dal punto di vista del committente.

Mentre per una diga sia rigida che deformabile i costi possono essere ben definiti a priori, naturalmente quando ci si fonda su un serio studio di progetto e di preventivazione, ciò non può essere detto, sovente e seriamente, per quanto riguarda la modifica delle caratteristiche di un terreno mediante iniezioni o per caratteristiche di un terreno mediante iniezioni o per l'esecuzione di un diaframma ed ancor meno per interventi che possono rivelarsi necessari nel corso dell'esercizio di un'opera.

Una diga può essere resa comunque sicura, con le tecniche attuali; di casi che fanno eccezione ne conosco proprio pochi, direi un paio fra le più di duecentocinquanta dighe che gestiamo all'Enel, ma il rischio economico per assicurare tale sicurezza — e qui mi ripeto — deve essere attentamente valutato. La mia esperienza mi dice che invece viene, vorrei dire, attentamente sottovalutato.

In sostanza, in caso di possibilità di scelta fra soluzioni alternative, è da tenere ben presente che i risparmi promessi da un ipotizzato tipo di opera rispetto ad un altro, oppure, in termini di volumi di materiali, da una certa situazione morfologicamente favorevole rispetto ad un'altra che, sempre morfologicamente, non

è altrettanto favorevole, questi promessi risparmi corrono il rischio di essere facilmente annullati da un maggior onere derivante da una possibile insufficiente preliminare determinazione delle caratteristiche della fondazione e dall'entità degli interventi migliorativi.

È a questo proposito che vorrei fare un'altra osservazione di carattere generale: mentre il costo marginale di un volume aggiuntivo di diga tende a diminuire con il volume stesso, e mentre il costo delle dighe deformabili tende a diminuire con il progredire della meccanizzazione, il costo marginale di un intervento di fondazione è invece in generale una funzione crescente dell'ampiezza dell'intervento medesimo. Si va in senso opposto. Valga quale esempio l'approfondimento o l'intensificazione di un provvedimento di iniezione.

Un'altra considerazione che ho fatto prima è quella relativa all'intervento necessario dell'ingegnere progettista, nell'osservazione del comportamento dell'opera, non dirò fino all'esaurimento della vita dell'opera, ma per lo meno fino a esaurimento dell'attività del progettista. Devo purtroppo osservare che tale intervento non avviene in molti casi: interviene presso di noi all'ENEL, dove siamo in ciò facilitati organizzativamente dal grande numero di opere in gestione, ma non avviene frequentemente al di fuori di noi.

È un grosso guaio che ciò non avvenga, dato che l'osservazione, mediante adatta strumentazione e congrue metodologie del comportamento del complesso dighe-fondazioni, è in grado di fornire a posteriori una provata correzione dell'informazione ottenuta in fase di progetto dalle indagini preliminari e costituire il modello più valido per la più corretta progettazione di altre opere in condizioni geomeccaniche non molto dissimili.

I moderni metodi matematici di calcolo che ci svincolano dalle schiavitù del continuo elastico, isotropo, eccetera, più che in sede preventiva — dove le incognite e le approssimazioni sono numerose, e mettendole tutte insieme diventano numerose al quadrato, al cubo, a non so qual potenza — ritengo siano ben adatti alla risoluzione del problema della più corretta interpretazione delle osservazioni sulle opere in esercizio intervenendo sul sistema eterogeneità di fondazione e siano perciò particolarmente adatti all'interpretazione delle misure e alla deduzione, per approssimazione e per tentativi ripetuti, della risposta reale di una fon-

dazione alle variazioni delle condizioni tensionali causate da un diga.

Credo che questa sia la via principale — anche se non certo l'unica — per apprendere qualcosa di più del molto che non sappiamo.

SUMMARY

Dams foundations in soils and rocks: an introduction

Author reviews the many technical and economical problems of dams foundations in soils and rocks, to introduce the panel discussion dedicated to this topic at the XIII Conference of the Italian Geotechnical Society.