

Considerazioni sul ruolo dei consolidamenti nella realizzazione di opere in sotterraneo

Il consolidamento dei terreni è un tema di grande attualità, che è stato anche recentemente riproposto all'attenzione degli amministratori e dei tecnici in un Convegno promosso dalla Società Italiana Gallerie (SIG) con specifico riferimento alle realizzazioni in sotterraneo. È un campo questo, dove i consolidamenti sono visti come lo strumento che si utilizza per conservare o migliorare le caratteristiche di resistenza e deformabilità dei terreni e che consente di ricavare gli spazi nel sottosuolo garantendone la fattibilità in qualsiasi tipo di formazione geologica, eliminando i motivi di indeterminazione nella progettazione e nella costruzione delle opere. Ma che posto occupa il consolidamento dei terreni nell'ambito del progetto e della costruzione di un'opera in sotterraneo?

Per meglio comprenderlo è indispensabile fare un passo indietro, cercando di fissare quale sia oggi il tema dominante nella progettazione e nella realizzazione di un nuovo spazio nel sottosuolo: senza dubbio tema dominante può considerarsi lo studio e il controllo dei fenomeni deformativi conseguenti al detensionamento del mezzo, intesi come risposta deformativa dell'ammasso all'azione dello scavo.

Lo studio dei fenomeni deformativi avviene al "momento della progettazione", momento in cui, sulla base delle conoscenze degli equilibri naturali preesistenti (geomecanici, tensionali, idrologici) si esamina la probabile risposta o reazione deformativa del terreno all'azione dello scavo.

L'esame consiste in una previsione dei fenomeni deformativi, condotta esclusivamente per via teorica, utilizzando lo strumento del calcolo numerico, cui seguirà l'indicazione di come si intende procedere per regimare le deformazioni ipotizzate, agendo su sistemi, fasi, cadenze di scavo, e utilizzando strumenti di consolidamento che producano azioni di precontenimento e contenimento del cavo.

Il controllo dei fenomeni deformativi avviene invece al "momento della costruzione", momento in cui lo scavo avanza e le scelte progettuali, quelle relative alla maniera di regimare i previsti fenomeni deformativi (annullandoli, assecondandoli o trascurandoli), vengono verificate attraverso la risposta deformativa controllata dell'ammasso.

È da tale risposta, fornita dalla lettura di convergenze superficiali e profonde, che progettista e costruttore potranno ricavare utili indicazioni per l'ottimizzazione del progetto e del lavoro, agendo da un lato su fasi e cadenze d'avanzamento (poiché si ritiene che il sistema d'attacco, in corso d'opera, non debba, per motivi operativi ed economici, essere modificato, salvo casi eccezionali), dall'altro sul bilanciamento, tra il fronte e il perimetro di scavo, degli interventi di preconsolidamento e di consolidamento del cavo.

Questi due momenti, quello della progettazione (o di studio dei fenomeni deformativi) e quello della costruzione (o di controllo dei fenomeni deformativi), fino a non molti anni fa si identificavano; più in particolare, fin tanto che progett-

tare una galleria significava solo individuare un tracciato planoaltimetrico e alcune sezioni tipo; fin tanto che mezzi di scavo, interventi di stabilizzazione del cavo e rivestimenti venivano decisi in corso d'opera durante l'avanzamento dei fronti, con gravissimi danni per la pianificazione dell'opera sia in termini di tempi sia in termini di costi.

Solo negli ultimi anni, la maggior cura profusa nella conoscenza degli equilibri preesistenti nei terreni interessati dalle opere in sotterraneo, l'impiego del calcolo numerico e soprattutto la messa a punto di nuove tecniche in campo di consolidamenti di suoli e rocce, hanno offerto l'opportunità di fare grande chiarezza in fatto di progettazione e di costruzione di gallerie, consentendo di distinguere e separare, sia in termini cronologici che pratici, il momento della progettazione da quello della costruzione, con conseguenti e immediati risultati positivi nei confronti della programmazione di costi e tempi di esecuzione.

La distinzione tra questi due momenti, per chi riesce a coglierne il senso, è motivo di grande trasformazione nel campo delle realizzazioni in sotterraneo e il posto che occupa il consolidamento dei terreni in questo panorama è, sulla base delle esperienze maturate negli ultimi anni, sicuramente di primissimo piano. Infatti, oltre a essere fra le cause determinanti dell'evoluzione a cui stiamo assistendo in tema di progetto e costruzione di gallerie, i consolidamenti sono ormai soggetti insostituibili nella realizzazione di cavità nei cosiddetti terreni

difficili, quindi almeno nel 70 ÷ 80% delle realizzazioni di tunnelling che interessano e interesseranno in futuro il territorio europeo.

Ma vediamo di chiarirci le idee su che cosa si debba intendere per consolidamenti.

Se si parte dal presupposto che, per l'opera in sotterraneo, il terreno deve essere considerato "materiale di costruzione" capace di garantire la statica del cavo a breve e a lungo termine, anche indipendentemente dall'azione dei rivestimenti definitivi, i consolidamenti sono:

- quegli strumenti che permettono di elevare il terreno circostante del cavo, qualora non abbia la consistenza adeguata, al rango di materiale da costruzione con caratteristiche di resistenza e di deformabilità sufficienti per svolgere la propria funzione strutturale;

- quegli strumenti che permettono di conferire al terreno al contorno del cavo quella rigidità necessaria a canalizzare, senza turbolenze, il flusso delle tensioni deviate dallo scavo, riducendo al minimo la risposta deformativa del terreno stesso; in tal senso possono essere considerati interventi strutturali solo quelli che concorrono a produrre nel terreno circostante il cavo degli "effetti arco" artificiali;

- quegli strumenti che permettono di intervenire sul terreno circostante del cavo o per conservare gli stati tensionali preesistenti impedendo il detensionamento dell'ammasso, o per migliorarne le caratteristiche di resistenza al taglio, producendo un'azione di precontenimento del cavo in regime triassiale oppure una semplice azione di contenimento in regime biassiale. La padronanza e la corretta applicazione delle tecniche di consolidamento, viste sotto questa ottica, offrono allora tutta una serie di vantaggi tra i quali i più importanti:

1 - la possibilità di affrontare il progetto e la costruzione di gallerie in condizioni difficili con la stessa facilità con cui si affronta quello di una qualsiasi galleria in terreni di buona consistenza, garantendo la fattibilità delle opere nelle più diverse situazioni geologiche, geomeccaniche e idrogeologiche;

2 - la possibilità di programmare e pianificare in termini di costi e di tempi di esecuzione, anche nei terreni più difficili, l'apertura di un dato spazio nel sot-

tosuolo, operando scelte precise in fase di progettazione e industrializzando gli scavi in fase di costruzione, a condizione che la realizzazione dei consolidamenti, con funzione strutturale permanente, sia eseguita a regola d'arte;

3 - la possibilità di cancellare, una volta per sempre, la parola "sostegno" dal vocabolario delle realizzazioni in sotterraneo, se la scelta delle tipologie, degli schemi e delle tecniche di consolidamento è adeguata alle diverse situazioni geomeccaniche;

4 - la possibilità di adottare un rinnovato sistema di classificazione per le gallerie che possa fare riferimento a un parametro comune riconducibile al comportamento deformativo del cavo, valido per tutti i tipi di terreno nelle diverse situazioni tenso-deformative, e che in particolare non lasci quei margini di aleatorietà nel caso di avanzamento in terreni di scarsa consistenza, che da sempre pesa fortemente sull'economia dell'opera finita. Le classificazioni vigenti (Rabcewicz, Bieniawsky, Barton, ecc.), cui si riferiscono ancora oggi molti capitoli ufficiali, si basano esclusivamente su osservazioni e considerazioni di carattere geomeccanico avulse dal reale comportamento tenso-deformativo del cavo; si prestano a interpretazioni eccessivamente soggettive e sono applicabili in qualche modo solo al caso di gallerie realizzate in terreni di buona consistenza, risultando spesso all'origine del contenzioso che si instaura tra l'amministrazione e l'imprenditore;

5 - la possibilità di garantire alle maestranze, durante la fase di avanzamento del fronte di scavo in terreni difficili, condizioni di lavoro più umane e decisamente più sicure.

Affinché questi vantaggi possano essere effettivamente e compiutamente perseguiti, allo stato dei fatti appare importante che sia fatta chiarezza su taluni aspetti, in particolare su quelli legati:

- alla qualità dei progetti;
- al controllo qualità dei consolidamenti;
- al controllo dei costi degli interventi di consolidamento;
- alla sicurezza nell'ambiente di lavoro in sotterraneo;

– alla necessità di una normativa all'altezza dei progressi che hanno caratterizzato il campo dei consolidamenti e di una classificazione che, riferendosi ad un parametro comune a tutti gli scavi quale il comportamento tenso-deformativo, sia in grado di dare una risposta a tutte le situazioni geologico-geotecniche possibili.

In relazione alla qualità dei progetti, si fa notare che il livello qualitativo di un progetto deve essere sufficiente a garantire una reale assunzione di responsabilità da parte di tutti gli interessati, quali amministrazioni, progettisti, imprese generali e imprese specializzate, i quali, ciascuno per la propria parte, dall'improvvisazione possono ricavare solo danni economici per scarsa produttività, fermi di cantiere, mancato rispetto dei tempi contrattuali, contenziosi, pagamenti dilazionati, ecc.

In relazione al controllo di qualità dei consolidamenti, si sottolinea come la qualità dei trattamenti sia condizione indispensabile affinché il terreno consolidato possa essere chiamato a partecipare alla statica della cavità e affinché i trattamenti stessi, considerati alternativi anziché complementari, non vengano soppiantati dall'impiego delle macchine per l'avanzamento ad attacco integrale (scudi e frese scudate) che oggi trovano sempre più larga applicazione nello scavo in terreni difficili.

In relazione al controllo dei costi degli interventi di consolidamento, si ricorda che questo tipo di controllo per due motivi fondamentali sta diventando sempre più importante e indispensabile: il primo è legato al fatto che la voce consolidamenti nel bilancio economico di una realizzazione in sotterraneo è rimasta l'unica variabile significativa a fronte delle voci scavo e rivestimento che, sempre di più, si tende ad assumere come costanti, per tutti i tipi di terreno; il secondo motivo è legato al fatto che la voce consolidamenti può pesare sul valore dell'opera finita in maniera determinante, anche più del 50%, con medie dell'ordine del 30 ÷ 40%.

Pietro Lunardi

(Università degli Studi di Parma)

In tema di consolidamento del terreno per la realizzazione di opere in sotterraneo si riporta qui di seguito un articolo, sempre a firma del prof. Lunardi, sull'impiego di alcuni metodi di consolidamento di recente introduzione.
(N.d.R.)