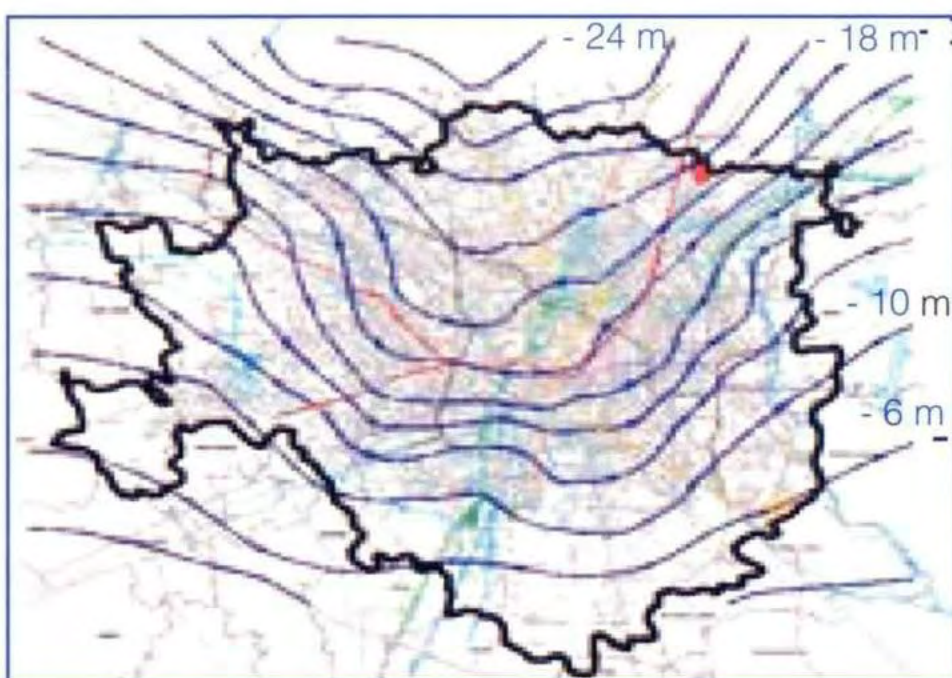


In assenza di normative locali sulle quote di falda, il progettista deve procedere alla progettazione, in presenza di acqua, seguendo il filo logico che partendo dallo studio dei dati contestuali porta al progetto vero proprio.

L'approccio metodologico nella progettazione sottoquota

Danilo Campagna *



Piezometrica del comune di Milano nel marzo 2002. In assenza di informazioni sulle piezometriche del territorio, la quota di falda attuale (q.f.a.) può essere ottenuta attraverso l'inserimento di uno o più piezometri, a tubo aperto o a cella di Casagrande, all'interno dei fori di sondaggio geognostico; in alternativa si può far riferimento ai dati desumibili dalla rete locale dei piezometri installati dai vari Enti pubblici interessati al problema.

Tecnologie avanzate e cultura professionale

A fronte di consistenti investimenti nel settore ricerca, finalizzati all'immissione nel mercato di tecnologie innovative per migliorare la qualità del "prodotto edificio", vale la pena sottolineare il costante impegno profuso da Volteco anche nella promozione di momenti culturali, che non di rado esulano dall'ambito circoscritto del settore specifico, per coinvolgere i propri partners, progettisti, rivenditori ed applicatori, in una filosofia che individua nella qualità dell'azione professionale, l'arma vincente del mercato. In altri termini, la promozione di una "cultura" professionale, non solo quale fattore di profitto, ma quale garanzia di soddisfazione e sicurezza dell'utente finale.

EDITORIALE

*Ingegnere strutturista
MSC Associati srl Milano

Per affrontare convenientemente la progettazione degli interventi sottoquota in presenza di falda, è necessario indicare preliminarmente il filo logico che un progettista di opere strutturali dovrebbe seguire nel corso della sua attività, sia che si tratti di un nuovo edificio o del recupero di uno esistente. Sinteticamente si possono individuare due fasi di attività progettuale: il pre-progetto ed il successivo progetto vero e proprio. La fase pre-progettuale, delegata all'individuazione dei dati di progetto, in particolare le caratteristiche geotecniche del sito, sviluppabili secondo le procedure usuali (prove penetrometriche dinamiche, sondaggi con prove SPT, ecc.) oltre alla misurazione del livello attuale, durante la costruzione, della falda acquifera (q.f.a.), dovrebbe contemplare anche la determinazione del livello futuro dell'acquifero, durante tutto il periodo di esercizio del fabbricato. La definizione della quota della falda di progetto (q.f.p.), cioè del massimo livello futuro dell'acquifero, cui il progettista deve riferirsi per una scelta conserva-

tiva al fine di mantenere impermeabili nel tempo le volumetrie interrato, è certamente più problematica ed aleatoria. Questo dato in effetti si configura come un vero e proprio carico caratteristico, ad esempio come la neve, da cui può dipendere anche la sicurezza dell'opera, oltre che la sua funzionalità; pertanto esso dovrebbe risultare normato, perlomeno a livello locale.

Diversamente, invece, la determinazione della falda di progetto è demandata alla sensibilità del progettista, che in conseguenza se ne assume la responsabilità anche in relazione ai danni che in futuro potrebbero verificarsi in caso di scelta non troppo prudente, come già successo in vari contesti, con allagamenti di strutture interrato costruite anche da poco tempo. Attualmente, perciò, in mancanza di una normativa specifica, il progettista potrebbe utilmente riferirsi alle scelte operate dagli enti preposti alla progettazione di opere interrato di grande interesse pubblico, o fare riferimento, ad esempio, alla metodologia elaborata dall'Istituto di Idraulica Agraria dell'Università degli Studi di Milano.

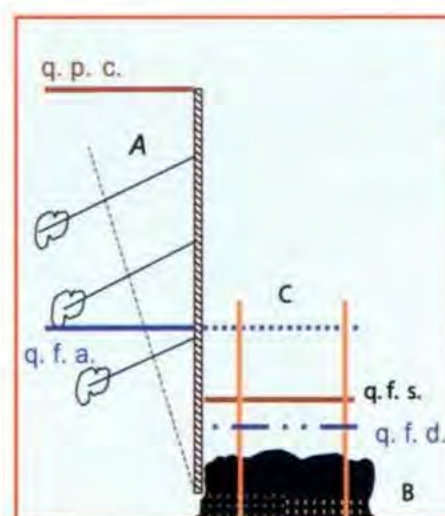
Prevedere l'operatività del cantiere e la funzionalità dell'opera

Il progetto di opere strutturali in ambito interrato ed in presenza di acqua di falda deve considerare due distinte situazioni: quella di cantiere e quella di esercizio dell'opera. Per quanto riguarda la fase provvisoria di cantiere, andranno progettate quelle opere che consentano di realizzare lo scavo senza turbare i terreni adiacenti, soprattutto nel caso frequente in ambito urbano di presenza di altri edifici in fregio al confine. Trattasi normalmente di paratie, diaframmi o micropali, generalmente tirantate e di un eventuale tampone di fondo, nel caso di presenza di acqua di falda con un elevato battente rispetto alla quota di fondo scavo (q.f.s.), oltre alle opere di aggotamento necessarie a deprimere la quota della falda, al fine di rendere asciutto il fondo scavo.

È il caso di sottolineare che se vi è necessità di deprimere la falda in fase di cantiere, andrà posta molta attenzione sul progetto di aggotamento, per la cui redazione sarebbe utile la sinergia anche di un geotecnico, in modo tale che non si verificano dannosi assestamenti

differenziali del terreno di fondazione degli edifici presenti a confine. Successivamente si potrà procedere con la progettazione delle strutture interne che dovranno essere ovviamente scatolari ed impermeabili fin sotto il livello della falda di progetto ed in grado di contrastare le spinte idrostatiche orizzontali e verticali, oltre che soddisfare l'equilibrio globale verticale (galleggiamento). Nel caso in cui tale equilibrio non fosse soddisfatto con adeguato fattore di sicurezza, si potrà ricorrere a specifici ancoraggi della platea all'eventuale tampone di fondo, sufficientemente affondato per la mobilitazione della necessaria zavorra di terreno naturale. Nella fase di calcolo delle opere di sostegno del terrapieno è poi doveroso considerare le due differenti situazioni statiche: a scavo ultimato e a struttu-

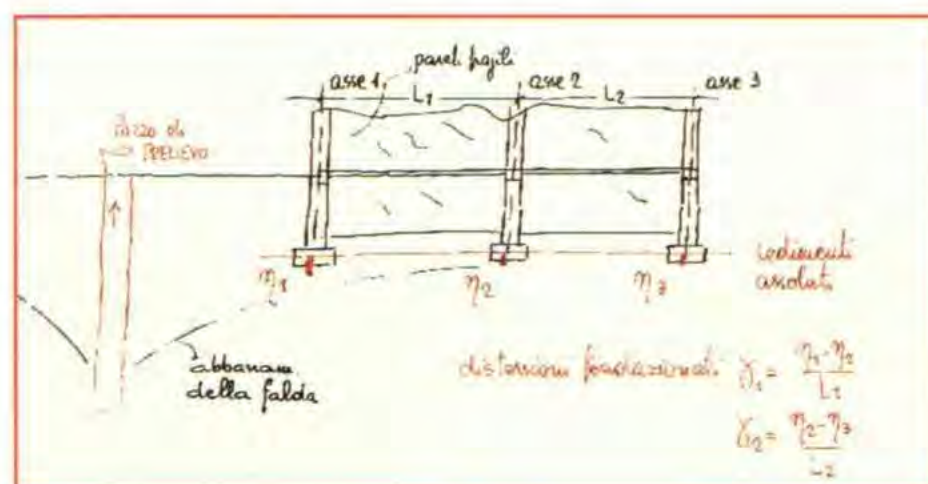
re interrate ultimate. Durante lo scavo, infatti, si ha una situazione di vincolo ben precisa, che spesso è



Schema delle opere provvisorie di cantiere.

q.f.d.: quota falda depressa
q.f.s.: quota fondo scavo
q.f.a.: quota falda attuale
q.p.c.: quota piano campagna

diversa dalla situazione di vincolo che si ha ad opere ultimate, quando, al posto dei tiranti, che per ragioni economiche normalmente sono di tipo provvisoria, ad assolvere la funzione di contrasto orizzontale delle spinte idrostatiche sono presenti i solai interni. In queste due situazioni gli assi dei vincoli possono cambiare e quindi cambiano i regimi statici presenti nelle paratie perimetrali.



Curva di depressione della falda causata da un pozzo di prelievo: la variazione dei parametri geotecnici, al variare del battente idrostatico, può determinare cedimenti diversi delle pilastrate con conseguenti fessurazioni negli elementi fragili (tavolati), in funzione dei valori di distorsione angolare impressi alle strutture.

Progettare sottofalda. Come?

Danilo Campagna

Quando la scelta non è obbligata da ragioni ambientali, è opportuno un attento studio circa la scelta delle modalità costruttive realizzando un piano costi benefici.

Scavo a cielo aperto o cieco?

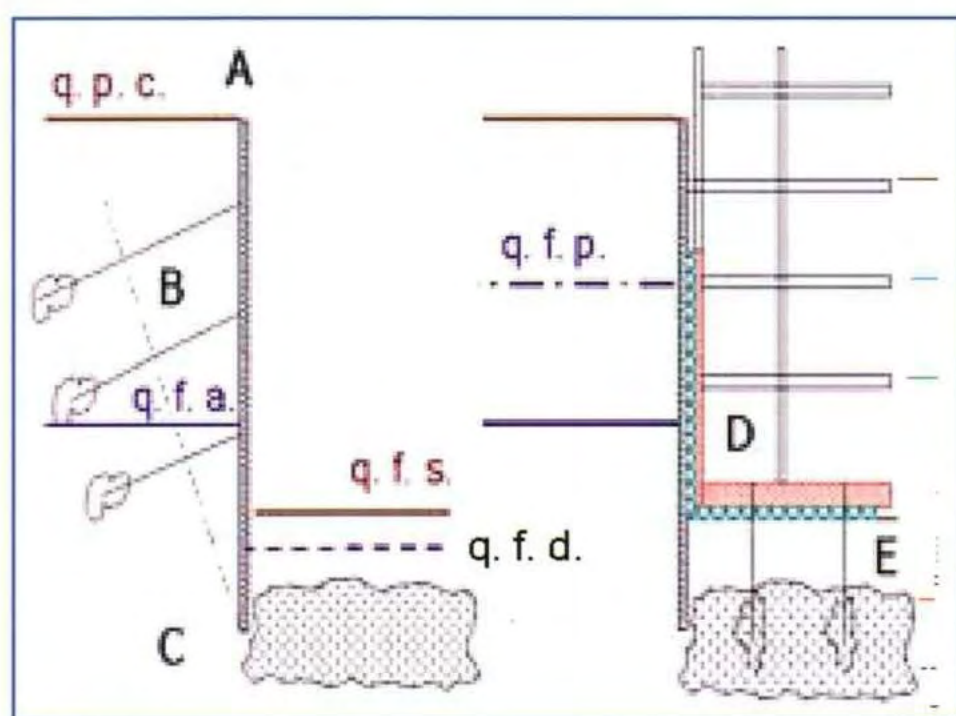
Le metodologie costruttive che meglio si adattano a realizzare volumetrie interrato sono sostanzialmente due: si può procedere con uno scavo a cielo aperto, "bottom-up", oppure con uno scavo di tipo cieco,

sottosuolo delle proprietà confinanti, causa spesso di contenziosi legali. Nello scavo di tipo cieco, invece, va preliminarmente costruita la perimetrazione di paratie per sostenere la spinta del terrapieno, ma parallelamente si possono eseguire anche le pilastrature interne con la loro fondazione, prima di iniziare lo scavo, realizzando dei pali in fango bentonitico, con immissione di calcestruzzo nella parte sottostante la quota del fondo scavo ed inserendo in questa parte la colonna di acciaio che costituirà il futuro pilastro. La restante parte del palo viene poi riempita con materiale sciolto per poter procedere facilmente al successivo scavo, garantendo la verticalità della colonna.

Si tratta quindi di partire dal piano di campagna con la formazione del primo solaio, che sarà gettato su foglio di polietilene disposto su terreno rullato e sostenuto dai pilastri precedentemente eseguiti. Ovviamente il solaio svolgerà la funzione di contrasto delle spinte che nel metodo precedente svolgevano i tiranti del primo livello. A maturazione avvenuta si procede con lo scavo dell'interpiano sottostante, attraverso

l'apposita apertura lasciata nel solaio; ripetendo le stesse fasi si procede alla costruzione dei successivi solai, fino a raggiungere il fondo scavo dove, dopo aver applicato il manto impermeabilizzante, si realizzerà la platea di fondazione definitiva.

In generale questo metodo è più costoso, dato il maggiore onere cantieristico di dover eseguire uno scavo al coperto, con difficoltà di manovra della ruspa e di smarino del terreno, oltre alla scomodità di dover sostenere provvisoriamente, con sistemi di appensione appositi, la controparete perimetrale in fase di costruzione. Il vantaggio del metodo "topdown", tuttavia, sta nel fatto che consente di procedere subito con la costruzione in elevazione, mentre si esegue la volumetria interrata, permettendo altresì un risparmio conseguente alla non esecuzione dei tiranti di ancoraggio delle paratie. Inoltre, si evita totalmente il rischio dei dissesti che spesso si verificano sugli edifici adiacenti, a causa di paratie troppo deformabili, quando a seguito degli scavi la decompressione del terreno induce cedimenti differenziali delle fondazioni e conseguenti quadri fessurativi.



Nel caso di previsione di un tampono di fondo, delimitato dal perimetro delle paratie, che può essere eseguito da quota di scavo, posta poco sopra il livello della falda di cantiere, si procede con le necessarie perforazioni per immettere le miscele consolidanti, secondo due possibili metodologie: con iniezioni cementizie a bassa pressione, 10-15 bar, o con iniezioni jet-grouting ad alte pressioni, dell'ordine dei 400 bar. Il metodo jet-grouting consente di formare un sistema colonnare interconnesso, certamente più costoso, ma in grado di limitare considerevolmente le residue filtrazioni di acqua.

"topdown", quest'ultimo ormai usuale nella costruzione di gallerie metropolitane.

Lo scavo a cielo aperto, a tutt'oggi più usato, è cantieristicamente più pratico, permettendo il facile smarino del terreno scavato e l'uso della gru per la movimentazione dei materiali necessari alla successiva costruzione dell'edificio, che inizierà quindi dal basso verso l'alto. L'unico inconveniente di tale metodo è la necessità di dover immettere dei tiranti, se pure provvisori, nel

Anche nel caso di vecchi edifici, dove manca del tutto l'impermeabilizzazione, adottando le opportune procedure tecniche, si possono effettuare eccellenti recuperi.

Il recupero dei volumi sotterranei sottofalda

Progettare sottofalda. Come?

Danilo Campagna

Una problematica molto attuale è anche quella del recupero di volumetrie interraste, allagate a causa della risalita dell'aves, in assenza di

originari presidi tecnici di impermeabilizzazione. In generale, nelle strutture interraste è sempre presente una paratia perimetrale con fondazioni isolate; in tal caso risulta conveniente eseguire un tampone di fondo atto a ridurre la filtrazione dell'acqua risalente all'interno del perimetro di paratie, in modo da prosciugare la superficie ed eseguire in

sicurezza le necessarie sigillature tra i pannelli di paratia posti sotto la quota di falda attuale. Successivamente si può procedere con le strutture di impermeabilizzazione definitiva, orizzontale e laterale, quali una platea continua e le contropareti perimetrali, previa disposizione delle necessarie barriere impermeabili.

Nel caso di battenti di

progetto molto elevati, può risultare conveniente ancorare la platea al tampone di fondo e le contropareti ai pannelli di paratie, mediante armature che possono

ma possibilità, si può valutare la convenienza, dopo un'attenta analisi dei costi-benefici a lungo termine, di prevedere una rete di pozzi di captazione dell'acqua

di infiltrazione dal tampone di fondo, con convogliamento in apposite vasche per il suo sollevamento e smaltimento in fognatura. Naturalmente in quest'ultimo caso dovrà essere posta particolare attenzione al progetto del tampone di fondo, affinché la filtrazione residua ed il relativo aggotamento permanente in esercizio non siano causa di

Interessante sentenza del Tribunale di Milano a proposito dei tiranti

Sulla questione giuridica dell'immissione di tiranti nel sottosuolo altrui, vale la pena ricordare l'Ordinanza del Tribunale di Milano, datata 14/09/1999, che ha fatto un po' di chiarezza sulla materia, confermando sostanzialmente che le paratie con tiranti sono una tecnica costruttiva ottimale ed idonea per l'esecuzione di scavi profondi.

È stata dichiarata la sostanziale ininfluenza statica dei tiranti sulle fondazioni a confine, anche se in realtà la precompressione dei tiranti muta il regime geostatico iniziale del terreno fondazionale.

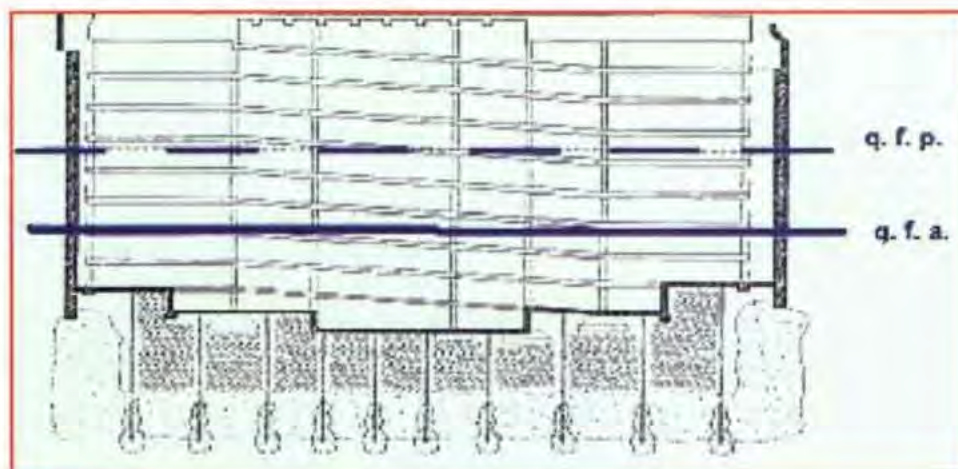
È stata sancita anche la temporaneità della funzione statica dei tiranti, che dopo i due anni di durata presumibile di un cantiere tendono a scaricarsi e comunque nel tempo potrebbero essere soggetti a corrosione, con conseguente disattivazione progressiva della loro funzione.

Conseguentemente, è stata sentenziata la non necessità di rimozione dei tiranti o del taglio degli stessi, come richiedono spesso i confinanti. La sentenza, infatti, evidenzia i vantaggi che il confinante avrà nel non dover sostenere la spinta delle terre già precedentemente scavate dal vicino, ritrovandosi peraltro una paratia a confine già costruita, a compensazione del costo per la rimozione dei tiranti.

attraversare in sicurezza di tenuta la barriera impermeabilizzante.

In alternativa a quest'ulti-

alterazioni, quale può essere il prelievo del fono, dei parametri geotecnici dei terreni adiacenti.



Schema sezionale di un progetto di recupero, con il tampone di fondo eseguito ad acqua ferma, perforando le solette sommerse, che costituisce anche il "materasso" di zavorra di peso sufficiente ad equilibrare in sicurezza la spinta idrostatica; ad esso sono poi ancorate le fondazioni esistenti e le nuove chiusure fondazionali a tenuta, per la formazione successiva della struttura scatolare impermeabile.