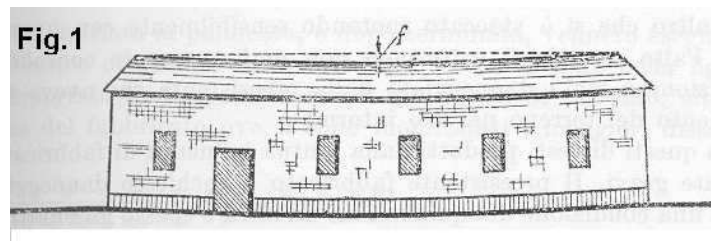


UTILIZZO DELL'ELETROSMOSI PER LA STABILIZZAZIONE DEI TERRENI COESIVI¹

Pasquale Armillotta (*)

1. Premessa

Il “terreno di fondazione” è la parte del terreno che riceve il carico di una costruzione e ne risente in modo significativo. A seguito della sollecitazione dovuta all'applicazione del carico, il terreno sottostante una costruzione tende a deformarsi e l'entità della deformazione dipende dal tipo di terreno: per esempio, è praticamente nulla in caso di una roccia compatta, mentre può essere considerevole per depositi fini (argille o limi) con elevato contenuto di acqua e che non siano mai state sottoposte a carichi nella loro storia. Ed è questo il caso più frequente nelle pianure alluvionali (fig. 1).



Oltre alla deformazione fisiologica di un terreno coesivo sottoposto a carico, siamo a conoscenza di una deformazione “patologica” dovuta a cause altre.

Cause della diminuzione di volume dei terreni argillosi

In depositi argillosi, inoltre, un apporto d'acqua può provocare un rigonfiamento (cioè un aumento di volume), come il disseccamento ne determina una compattazione (una diminuzione di volume). Si tratta di cicli naturali legati alla stagionalità (alternanza di periodi piovosi e di periodi siccitosi).

¹ N.B.: il presente articolo è una ripubblicazione di : *Recupero parziale mediante elettrosmosi dei cedimenti differenziali di costruzioni adibite a civili abitazioni con stabilizzazione dei loro terreni di fondazione che presentano la componente argillosa attiva*, Atti XXI Convegno Nazionale di Geotecnica, AGI, L'Aquila.

Questi fenomeni di rigonfiamento/ritiro possono sovrapporsi ai normali processi di consolidazione di un fabbricato determinando delle oscillazioni stagionali in cui il terreno “trascina” nelle sue variazioni di volume (che in superficie si traducono in “abbassamenti” e “sollevamenti”) le fondazioni e provoca delle variazioni di ampiezza delle lesioni strutturali: per esempio, l’apertura estiva e la chiusura invernale delle crepe. Si deve tenere conto che il ciclo non è completamente reversibile e, negli anni, si assiste al progressivo peggioramento del quadro fessurativo.

In diversi casi si è constatato che all’essiccamento del terreno contribuiscono sensibilmente gli apparati radicali delle piante, che possono assorbire acqua al di sotto delle fondazioni degli edifici contigui (fig. 2).

L’apparato radicale, il cui sviluppo avviene per la maggior parte delle specie presenti nel nostro territorio nello strato di suolo compreso tra la superficie e la profondità di un metro, un metro e mezzo, assolve la funzione di assorbire acqua per il fabbisogno della pianta ricercandola nel terreno. Se il problema non si pone in termini sensibili laddove c’è un continuo approvvigionamento idrico del terreno, diventa invece rilevante in suoli a granulometria fine, poco permeabili e in carenza stagionale di approvvigionamento d’acqua. In questo caso, l’apparato radicale tende a svilupparsi maggiormente per aumentare la superficie d’assorbimento e a ricercare le zone più “umide”. Tra queste ultime è spesso da annoverare anche il terreno sottostante una costruzione, maggiormente protetto nei confronti dei processi di evaporazione nella stagione secca.

In diversi casi l’apparato radicale ha un’estensione areale molto ampia, ben maggiore dell’estensione della chioma, contrariamente a quanto si creda: in un caso, nella zona di Piazza di Traversetolo, si è osservata la presenza dell’apparato radicale di uniglio a oltre quindici metri dal fusto.



Il fenomeno appare ancora più accentuato in caso di essenze vegetali esotiche, non in equilibrio con le caratteristiche di umidità e di approvvigionamento idrico dei nostri suoli e più in generale del clima.



Localmente può assumere una certa importanza l'azione meccanica delle radici, il cui effetto "cuneo" è responsabile di lesioni e inclinazioni anomale di strutture generalmente leggere e fondate in superficie, quali muretti, marciapiedi, ecc., anche se si conoscono casi di lesioni localizzate su fondazioni di fabbricati. Nella figura sottostante è possibile notare la "densità" di radici in uno scavo profondo circa 80 cm quasi in adiacenza ad una costruzione.

L'urbanizzazione di vaste aree coltivate nelle cinture periferiche di città e paesi, a cui si è assistito negli ultimi decenni, ha comportato

una progressiva impermeabilizzazione del suolo: l'uso di coperture impermeabili (asfalto, cemento, ecc.), la raccolta delle acque piovane provenienti dai tetti, dalle superfici stradali, ecc. in una rete fognaria e il loro allontanamento, sono tutti fattori che impediscono l'infiltrazione e il mantenimento di una quota di umidità nel sottosuolo, al contrario di quanto avveniva in presenza di un terreno scoperto, fosse esso incolto o soggetto a coltivazione.



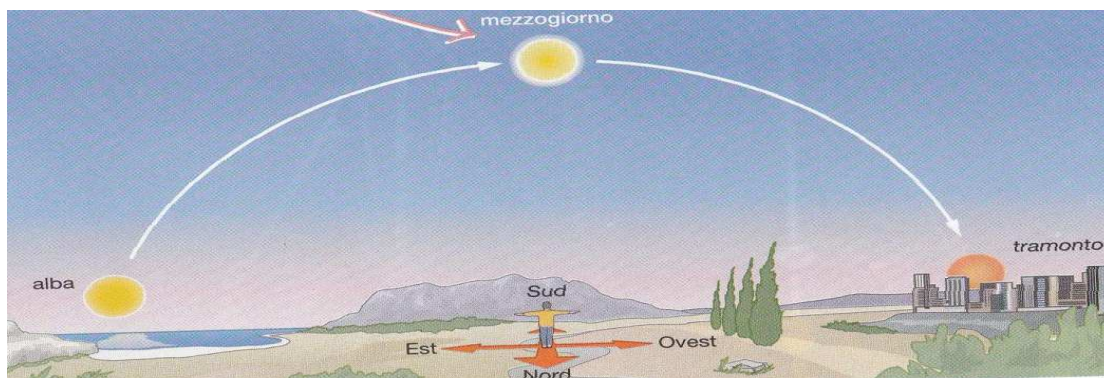
La conseguenza è un progressivo essiccamento del terreno che si produce nel corso degli anni, coinvolgendo nel conseguente processo di consolidazione i fabbricati fondati su di esso. Non a caso, appare piuttosto frequente l'affiorare di quadri fessurativi significativi su edifici costruiti negli ultimi venti-trent'anni nelle zone di espansione urbana.

A questo proposito, si fa notare come anticamente le città padane erano percorse da una rete di canali a cielo aperto funzionali, oltre che allo scolo delle acque e dei liquami, anche al trasporto dei materiali e alla produzione di forza motrice. Oggi questi canali sono in gran parte tombinati, in alcuni casi con l'impermeabilizzazione completa anche del fondo e delle sponde.

I canali costituiscono vere e proprie "vene" del suolo: quando l'impermeabilizzazione è totale, la mancata dispersione idrica dal fondo e dalle sponde è un ulteriore fattore di essiccamento del terreno. In caso contrario, si assiste a una compensazione degli effetti impermeabilizzanti dell'urbanizzazione, in quanto il canale coperto favorisce un'idratazione del

suolo nelle sue vicinanze e, negli edifici, si assiste a un lesionamento progressivamente crescente allontanandosi dal canale. Occorre aggiungere anche il continuo e sempre maggiore emungimento di acqua dalle falde acquifere che provoca un graduale costipamento degli strati argillosi superficiali e profondi.

Anche l'insolazione gioca un ruolo importante: il terreno esposto a meridione subirà il processo di evapotraspirazione in misura superiore rispetto a quello esposto a settentrione.



2. La tecnologia

Come vediamo, l'intervento umano può variare sensibilmente il contenuto d'acqua del terreno, con conseguenze spesso non trascurabili sugli edifici, sulle opere stradali, sulle tubazioni interrato di grandi dimensioni.

La diminuzione di umidità nel terreno ha quindi ripercussioni spesso non trascurabili sugli edifici.

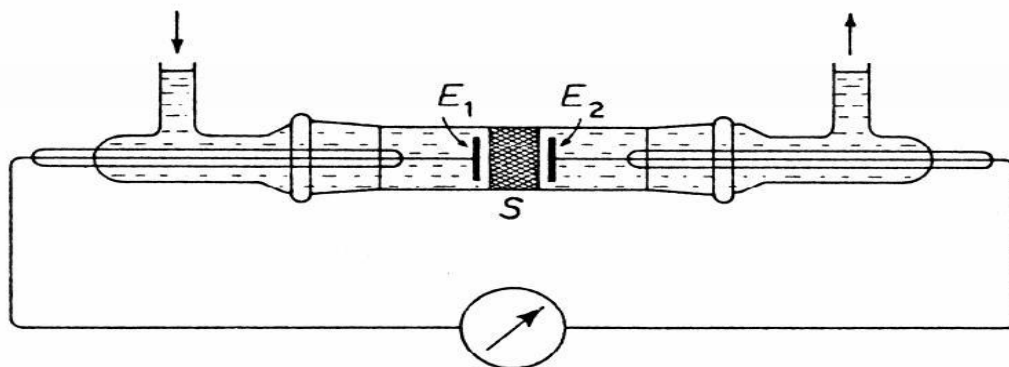
Anche gli interventi per frenare quest'azione sono diversi: sottofondazioni, palificazioni, iniezioni di resine poliuretatiche, iniezioni di cemento, ecc.

Sono però tutti interventi che agiscono sul sintomo della "malattia" ma non sulla causa.

Occorre reidratare i terreni, portando acqua laddove c'è bisogno, eliminando, possibilmente, le cause che hanno contribuito alla diminuzione di umidità. In altri termini, è necessario reidratare il terreno coesivo (argilloso -

limoso) per un congruo spessore.

Ho a lungo studiato ed applicato il processo elettrosmotico per questo fine: esso consiste nell'ottenere la migrazione dell'acqua e dei sali in essa disciolti in un mezzo poroso, attivandone il flusso con l'applicazione di un campo elettrico continuo, come da figura sottostante. E_1 ed E_2 sono due elettrodi, ed S è un materiale poroso.



Il passaggio di corrente nel terreno coesivo consiste essenzialmente nella migrazione degli ioni presenti nell'acqua che agiscono prevalentemente sull'impalcatura delle particelle d'argilla bloccando la proprietà di variare il proprio volume in funzione del contenuto in acqua.

La metodologia dell'intervento non è invasiva e permette la salvaguardia e il rispetto degli ambienti presenti, soprattutto in ambito urbano.

Dal punto di vista geologico, il terreno di fondazione della zona meridionale della pianura emiliana è costituito da materiale coesivo autoctono classificato come "Alluvioni recenti" del Quaternario continentale.

Le condizioni al contorno prevedono la fornitura d'acqua al terreno da sottoporre a trattamento, la non immissione di sali nel terreno; l'applicazione del processo ad un sistema aperto con bassa differenza di potenziale; l'esclusione del drenaggio catodico; la presenza della componente attiva delle argille.

In genere si assiste ad una variazione dell'apertura delle fessure in funzione della stagione: dopo periodi piovosi le fessure tendono a chiudersi,

dopo periodi asciutti ad aprirsi.

La vicinanza di alberi d'alto fusto, l'esposizione a meridione e l'impermeabilizzazione superficiale influiscono sul fenomeno.

La falda, monitorata prima, durante e dopo l'intervento, non ha alcuna influenza. Non si registra alcun innalzamento della falda nei piezometri di controllo.

Si mettono in opera due serie di elettrodi perimetrali alla zona da trattare.

Parte degli elettrodi sono infissi verticalmente, e parte obliquamente, in modo tale da interessare il bulbo degli sforzi.

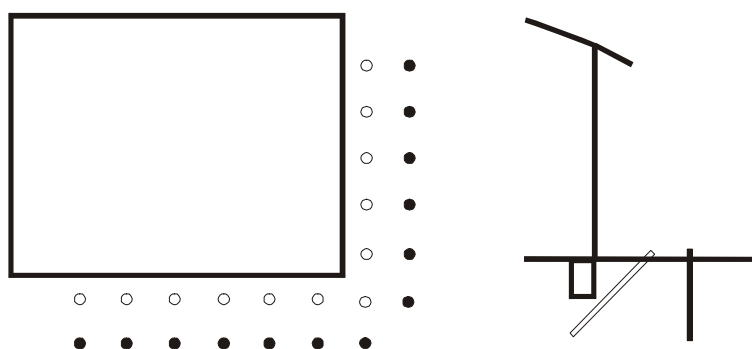
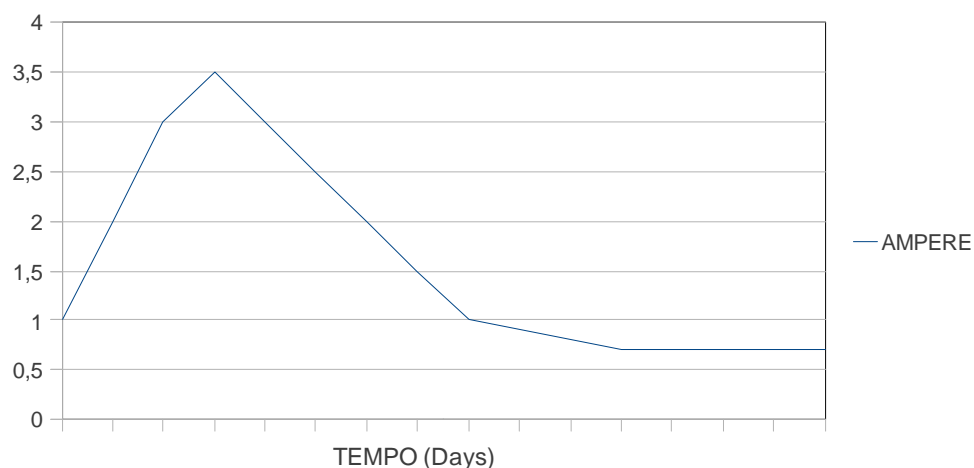


Fig.4 - Schema tipo di disposizione degli elettrodi in pianta ed in sezione. I simboli vuoti indicano la prima serie di elettrodi, quelli pieni la seconda serie di elettrodi.

Gli elettrodi così disposti sono collegati ad un alimentatore che mantiene costante la d.d.p.

I risultati non tardano ad arrivare.



Si nota come col passare del tempo, si assiste dapprima ad un forte incremento dell'assorbimento di energia elettrica, poi ad un forte calo della stessa, sintomo e criterio per l'apprezzamento dell'idratazione in corso. Il valore d'assorbimento calerà asintoticamente verso un valore costante.

Anche il recupero dei cedimenti, altro sintomo del processo di reidratazione ha tempi brevi. Il sottostante grafico, puramente indicativo, mostra quanto affermato. Occorre rilevare che il valore del recupero dei cedimenti è una parte del cedimento totale. I dati esperienziali e di laboratorio hanno evidenziato valori percentuali tra il 30 ed il 100%, funzione delle caratteristiche intrinseche dei terreni stessi.

I recuperi dei cedimenti sono stabili nei valori e nel tempo fin tanto che l'impianto elettrosmotico è in funzione.

Anche gli assorbimenti di acqua, alti all'inizio del trattamento, calano notevolmente col tempo, così come quelli elettrici.

L'impianto è permanente, sempre in funzione 24 ore su 24, sia per la componente elettrica che per quella idrica.

Al termine dell'installazione dell'impianto, rimangono visibili in superficie solo i pozzetti d'ispezione dato che l'impianto ha una invasività sull'esistente quasi nulla.



I costi di esercizio sono irrisoni e trascurabili. Come tutti gli impianti tecnologici, necessita di annuale manutenzione ordinaria.

Bibliografia

Armillotta P. (2000) - *Consolidamento e recupero di cedimenti in terreni coesivi mediante elettrosmosi*. Convegno sul tema "La Geofisica strumento di monitoraggio ambientale". In "GEOFLUID 2000", V. Illiceto ed. Piacenza 4 – 7 ottobre 2000 (in stampa).

Armillotta P., 2002, *Recupero parziale mediante elettrosmosi dei cedimenti differenziali di costruzioni adibite a civili abitazioni con stabilizzazione dei loro terreni di fondazione che presentano la componente argillosa attiva*, Atti XXI Convegno Nazionale di Geotecnica, AGI, L'Aquila.

Evangelista A. (1995) – Valutazioni teoriche e osservazioni sperimentali sui processi di trattamento dei terreni sulle modifiche indotte – Atti del XIX Convegno Nazionale di Geotecnica – A.G.I., Pavia 19/21 settembre 1995, Vol. II – Il miglioramento e il rinforzo dei terreni e delle rocce.

Veniale F. (1978) – Consolidazione elettrosmotica e chimica – Atti del Seminario su Consolidamento di terreni e rocce in posto nell'ingegneria civile, Stresa, maggio 1978.