

CONSOLIDAMENTO DI UN FABBRICATO BOLOGNESE ESPOSTO A CICLI DI RITIRO E RIGONFIAMENTO DEL TERRENO DI FONDAZIONE MEDIANTE STABILIZZAZIONE DEL GRADO DI SATURAZIONE.

Rocco Carbonella (roccocarbonella@hbc-consolidamenti.it)
Hydro Buildings Consolidation srl.

Gualtiero Cenni (gualtierocenni@hbc-consolidamenti.it)
Hydro Buildings Consolidation srl.

ABSTRACT.

La presente memoria illustra una tecnica per la soluzione di casi di dissesto statico degli edifici dovuti a cicli di ritiro e rigonfiamento del terreno di fondazione. E' stato messo a punto e brevettato un metodo di stabilizzazione, denominato "Sistema HBC", in grado di mantenerne costante il grado di saturazione ed eliminare la causa dei dissesti. Si tratta di un impianto che eroga acqua al terreno mediante dei diffusori alimentati da un sistema di adduzione e gestiti da un apparato di controllo. Presentiamo un caso realizzato nel maggio 2011 e costantemente monitorato. L'impianto ha risolto le problematiche statiche dell'edificio con costi e disagi assai contenuti rispetto ai metodi tradizionali. L'esecuzione di un array geoelettrico ha permesso la verifica del funzionamento dell'impianto e la valutazione dei volumi saturati.

1. Introduzione

Negli ultimi anni vi è stato un notevole incremento di dissesti statici dei fabbricati imputabili prevalentemente a variazioni di volume del terreno di fondazione. Il verificarsi di variazioni climatiche sempre più estreme determina nuove condizioni di equilibrio del sistema "terreno/fabbricato" non compatibili con la capacità deformativa della struttura in assenza di lesioni. La coltre attiva (soggetta a ritiro-rigonfiamento), che in passato presentava spessori limitati e non interferiva col piano di posa delle fondazioni, oggi raggiunge di frequente profondità di 5/6 m. In generale, tutte quelle circostanze che provocano variazioni disomogenee del contenuto d'acqua dei terreni di fondazione generano stati coattivi di sollecitazione delle strutture che possono innescare fenomeni di dissesto. Nella presente memoria viene descritta una tecnica di stabilizzazione dei terreni argillosi soggetti a fenomeni di ritiro e rigonfiamento, che gode di brevetto nazionale ed europeo, denominata "Sistema HBC".

2. Tecnica di stabilizzazione HBC e Case history

Un terreno sottosaturo posto a contatto con acqua libera tende a richiamare la fase liquida in quanto la pressione dell'acqua nei pori è sempre inferiore alla pressione dell'aria (Chandler et al., 2011). Il metodo di stabilizzazione proposto, denominato "Sistema HBC", si basa sul principio di creare una disponibilità di acqua in modo da annullare le forze di suzione presenti nel terreno o di impedirne la comparsa in seguito ad essiccamento. Si tratta di un impianto in grado di mantenere costante nel tempo il grado di saturazione del terreno di fondazione del fabbricato dissestato in modo da evitare i cedimenti ed i rigonfiamenti differenziali e, quindi, sanare i dissesti statici da essi originati. Il terreno viene idratato mediante dei dispositivi di diffusione dell'acqua alimentati da un impianto di adduzione gestito da un sistema di controllo automatico. La presenza di forze di suzione nelle zone parzialmente sature amplifica il gradiente idraulico favorendo in questo modo il flusso e la diffusione di acqua verso le zone sottosature. Si crea così una zona satura di terreno al di sotto del piano di fondazione che non risente più delle variazioni di umidità. A seconda delle caratteristiche morfologiche del fabbricato e dell'area di sedime, delle possibilità di accesso, delle peculiarità della struttura portante, della natura del terreno di fondazione e delle sue caratteristiche geotecniche si progetta la tipologia dei diffusori ed il loro posizionamento ottimale. Il consumo di acqua è minimo per cui l'impianto viene di norma allacciato all'acquedotto comunale ma, nulla vieta di utilizzare qualunque fonte disponibile. Viene presentato un intervento di consolidamento, realizzato nel maggio 2011, mediante il "Sistema HBC", con diffusori orizzontali posizionati al di sotto del piano di fondazione utilizzando la tecnica di perforazione "no dig".

Inquadramento geologico-geotecnico-stratigrafia

La zona oggetto dell'intervento è situata nel comune di S. Lazzaro di Savena, ai margini orientali del tessuto urbano della città di Bologna ed è situata nella fascia dell'alta pianura, nell'ambito del sistema

deposizionale del conoide del torrente Savena (Bergonzoni, Elmi 1997). Si tratta di sedimenti organizzati in alternanze lenticolari di ghiaie, limi ed argille in differenti percentuali, raramente riconducibili a degli schemi geometrici definiti. Le indagini effettuate, mostrano l'esistenza di un sottosuolo litologicamente omogeneo costituito essenzialmente da limi argillosi che poggiano su delle sabbie alla profondità di circa 8.00÷8.50 m dal piano di campagna. Le indagini di laboratorio sui campioni prelevati hanno permesso di stabilire l'elevata propensione alla variazione di volume in rapporto al variare del contenuto in acqua. L'analisi delle prove penetrometriche e del grafico relativo alla variazione dell'umidità naturale con la profondità evidenziano un forte essiccamento del terreno in un'ampia fascia all'interno della quale è presente il piano di posa delle fondazioni.

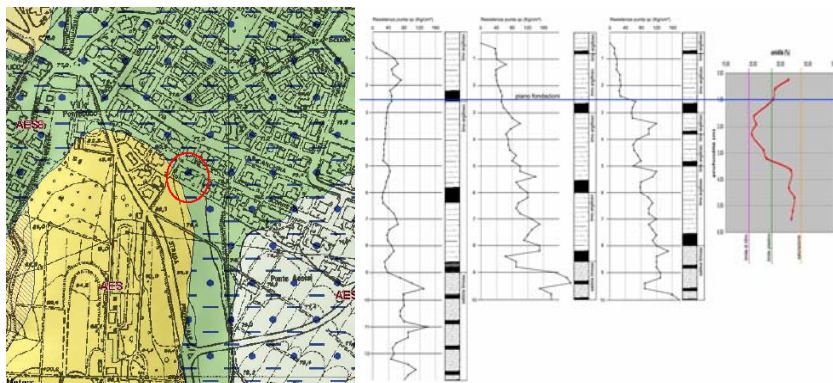


Figura 1. Carta geologica, prove penetrometriche e variazione del contenuto in acqua relativi al sito in esame.

Descrizione della struttura e del dissesto, progetto dell'intervento e monitoraggio

Il fabbricato è composto da due corpi rettangolari di dimensioni 11,00x12,00 m, accostati e sfalsati. Consta di un seminterrato, di tre piani fuori terra e di un piano mansardato per un'altezza di 12,50 m. La struttura portante è in c.a. E' costituita da muri di c.a. al piano seminterrato e da pilastri in elevazione. Le travi risultano in spessore in corrispondenza delle pilastrate centrali ed in altezza perimetralmente.

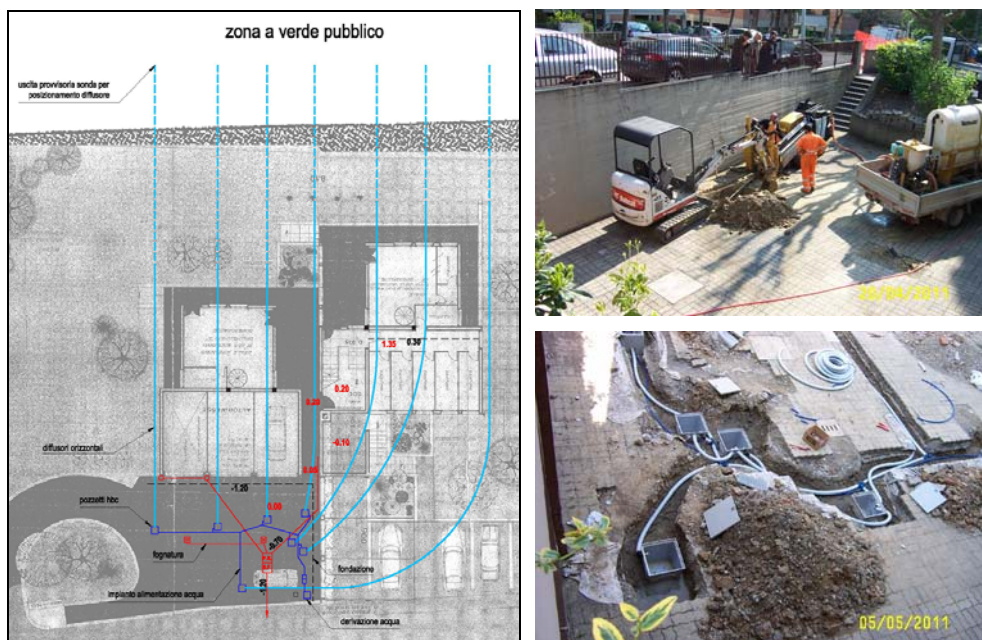


Figura 1. Planimetria dell'impianto as build e alcune foto relative alle fasi realizzative.

I solai sono in latero-cemento e le fondazioni sono costituite da un reticolo di travi rovesce di sezione rettangolare. Il quadro fessurativo riscontrato indica l'esistenza di un dissesto generalizzato. Il meccanismo più evidente consiste nella rotazione relativa dei due corpi rispetto al vano scala. Il consolidamento è stato eseguito mediante l'installazione di un impianto HBC (Carbonella et al. 2011). Sono state poste in opera, a profondità opportuna, sette tubazioni di polietilene pre-forate sub-orizzontali che hanno la funzione di diffondere nel terreno l'acqua necessaria a mantenerne costante l'umidità indipendentemente da tutte le condizioni esterne che possano intervenire. Esse sono state realizzate con l'impiego di una perforatrice orizzontale (tecnica No-Dig) lavorando esclusivamente dal

piazzale autorimesse senza intervenire minimamente all'interno delle tavernette poste al piano seminterrato. L'alimentazione dell'acqua è stata derivata dal contatore condominiale presente in un pozzetto posto nel piazzale autorimesse. Il controllo dell'impianto è affidato ad appositi rubinetti a galleggiante installati nei pozzetti d'ispezione. A dicembre 2011 è stato eseguito un controllo della diffusione dell'acqua tramite tomografia di resistività elettrica (ERT). Dalla relazione fra resistività e grado di saturazione, mediante l'ERT si può misurare il volume di terreno reidratato. Tale relazione può essere ottenuta in maniera precisa eseguendo, contemporaneamente all'ERT, un sondaggio e misurando il grado di saturazione a varie profondità. Esistono comunque in letteratura correlazioni ottenute su diversi terreni da differenti ricercatori. L'esame della tomografia (fig. 2) mostra come la diffusione dell'acqua avvenga prevalentemente in direzione orizzontale. Inoltre sfruttando le correlazioni riportate, poichè la saturazione si ha per un contenuto d'acqua attorno al 25%, si ottiene il corrispondente valore della resistività pari a 15 Ωm . Di conseguenza la tomografia rivela che il terreno risulta praticamente saturo fino a oltre 5.00 m di profondità. A questo punto, esaminando il diagramma dell'umidità naturale con la profondità determinato prima dell'intervento, si evince che lo strato di terreno essiccato al di sotto delle fondazioni risulta completamente reidratato con un grado di saturazione prossimo all'unità. Ciò a distanza di n. 7 mesi dalla messa in funzione dell'impianto.

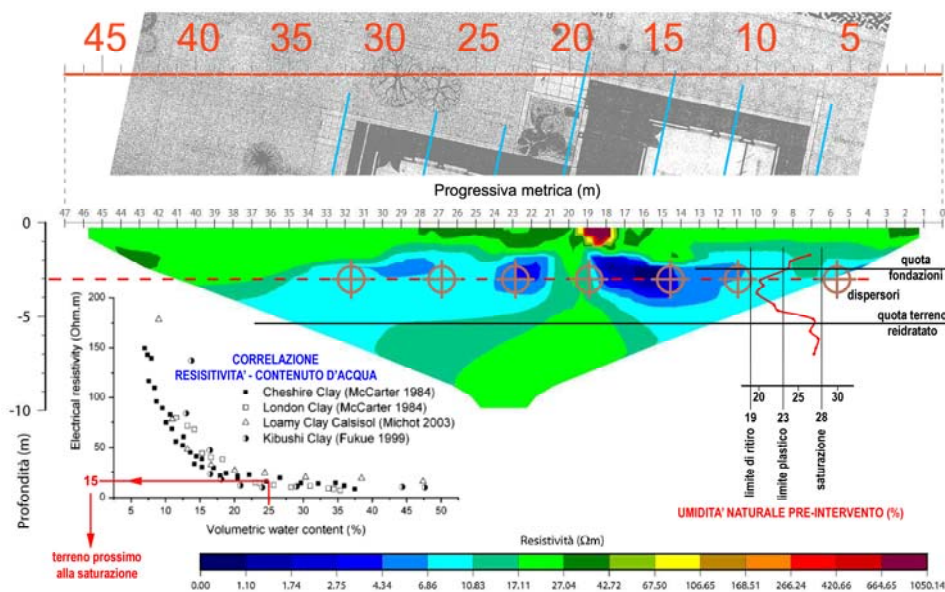


Figura 2. Tomografia elettrica (ERT) – correlazione resistività-umidità – confronto umidità pre-intervento.

3. Conclusioni

Quanto illustrato nei paragrafi precedenti mostra come sia possibile risolvere situazioni di dissesto statico degli edifici dovute a fenomeni di ritiro e di rigonfiamento delle argille mediante l'installazione di un impianto in grado di mantenere costante l'umidità del terreno. La tecnica suddetta presenta notevoli vantaggi rispetto ai metodi tradizionali di consolidamento ed in particolare un'estrema economicità complessiva ed una minima invasività, in quanto richiede perforazioni di piccolo diametro di profondità limitata e scavi ridotti. Non necessita di interventi preventivi sulle fondazioni esistenti e prevede cantieri di dimensioni e durata molto contenuti operando esclusivamente dall'esterno, senza intervenire minimamente nell'edificio. La manutenzione dell'impianto consiste nella verifica annuale di funzionamento delle apparecchiature di controllo la cui eventuale sostituzione comporta costi irrisori.

4. Bibliografia

- BERGONZONI A., ELMI C (1997). *Geologia del territorio urbano di Bologna*. Geologia delle grandi aree urbane, Progetto Strategico CNR; Bologna, 1997.
- CARBONELLA R., CENNI G., FRANCESCHINI M. (2011) *Stabilizzazione di Terreni Argillosi Soggetti a Fenomeni di Ritiro e Rigonfiamento: un intervento eseguito su un fabbricato dissestato sito a Bologna*. Innovazione Tecnologica nell'Ingegneria Geotecnica, XXIV Convegno Nazionale di Geotecnica Edizioni AGI
- CHANDLER R. J., JAMIOLKOWSKI M., FAIELLA D., RIDLEY A. M., ROCCHI G. (2011). *Suction measurements on undisturbed samples of heavily overconsolidated clays*. Innovazione Tecnologica nell'Ingegneria Geotecnica, XXIV Convegno Nazionale di Geotecnica Edizioni AGI.