

> CONSOLIDAMENTO

Le iniezioni nel terreno come intervento di miglioramento su edifici esistenti

Gli interventi sugli edifici danneggiati dal sisma dell'Emilia di maggio 2012

di Francesco Cortesi *

Progettare interventi di consolidamento su un edificio esistente comporta numerose difficoltà poiché ci si trova ad avere a che fare con un fabbricato fatto e finito con le sue caratteristiche, ma anche con i suoi difetti. Bisogna quindi identificare le vulnerabilità e scegliere gli interventi che le risolvano garantendo il rispetto dell'opera dal punto di vista storico e funzionale.

Gli interventi possono interessare vari elementi tecnici ed essere più o meno invasivi secondo lo stato di danneggiamento/degrado riscontrato. Tale ragionamento può essere condotto per le strutture a vista come copertura, solai o murature; più difficile il discorso per le fondazioni anche perché non visibili. In questo articolo si focalizza l'attenzione su un caso di grande attualità: gli edifici in Emilia Romagna danneggiati dagli eventi sismici del maggio 2012. In questo contesto le verifiche geotecniche influenzano fortemente la progettazione di interventi di miglioramento/adequamento sismico. Ciò è dovuto dalla presenza di terreni prevalentemente argillosi con scarse caratteristiche meccaniche (coesioni non drenate che in alcuni casi non superano i 30kPa) e una falda acquifera molto superficiale. Conseguentemente si ottengono carichi limite del terreno particolarmente ridotti: le verifiche in condizioni non drenate risentono del basso valore di coesione del terreno, quelle in condizioni drenate "soffrono" della presenza della falda superficiale. In aiuto al progettista viene la nor-

ma, che ai sensi del §8.3 delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2008, asserisce che per gli edifici esistenti "La valutazione della sicurezza e la progettazione degli interventi sulle costruzioni esistenti potranno essere eseguiti con riferimento ai soli SLU"; escludendo l'obbligatorietà di condurre le verifiche dei cedimenti.

I coefficienti di sicurezza geotecnici dello stato attuale sono spesso minori dell'unità, in condizioni sia statiche sia dinamiche. Per aumentare tali coefficienti, ci sono interventi di sottomurazione che consistono nell'abbassamento e nell'ampliamento della base fondale per mezzo di conci lapidei o laterizi. In altri casi si possono prevedere allargamenti fondali per mezzo di opere in calcestruzzo.

Queste due tipologie di intervento possono considerarsi non ottimali in quanto richiedono lavorazioni con massiccio impiego di manodopera, con dilatazione dei tempi e dei costi. Un altro aspetto critico è il caricamento di una porzione di terreno "vergine", che potrebbe implicare cedimenti differenziali con conseguenti danni alle strutture fondali e alle murature.

L'alternativa a quanto descritto è l'utilizzo di pali/micropali che, attestandosi a profondità maggiori, aumentano il carico limite; tale alternativa è spesso trascurata a causa dell'impiego di attrezzature importanti e dell'elevato costo.

La scelta ricade sulle iniezioni nel sottosuolo, poiché incrementano le caratteristiche meccaniche senza modificare le fondazioni esistenti e caricare alcuna nuova porzione di terreno.

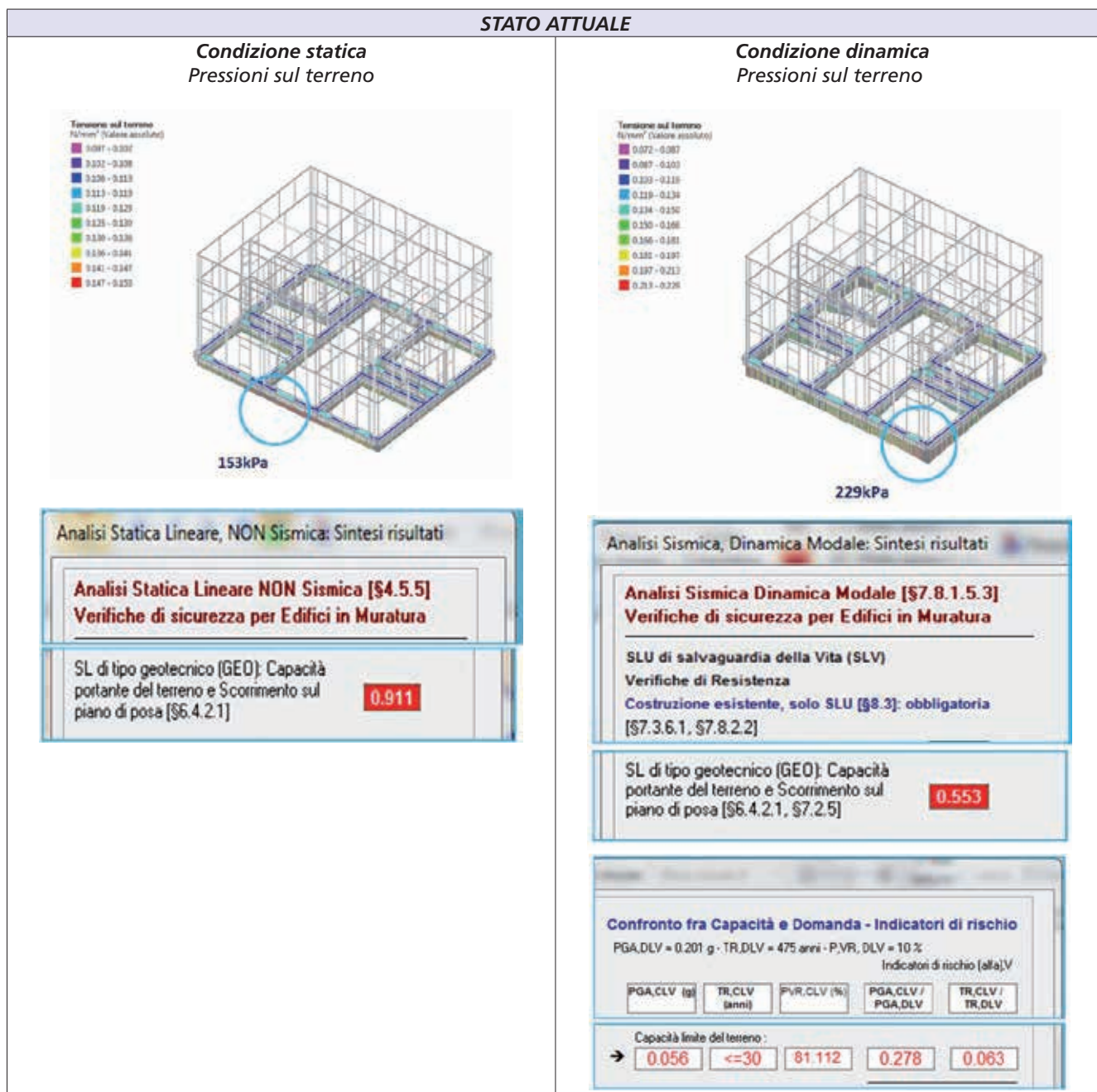


Figura 1

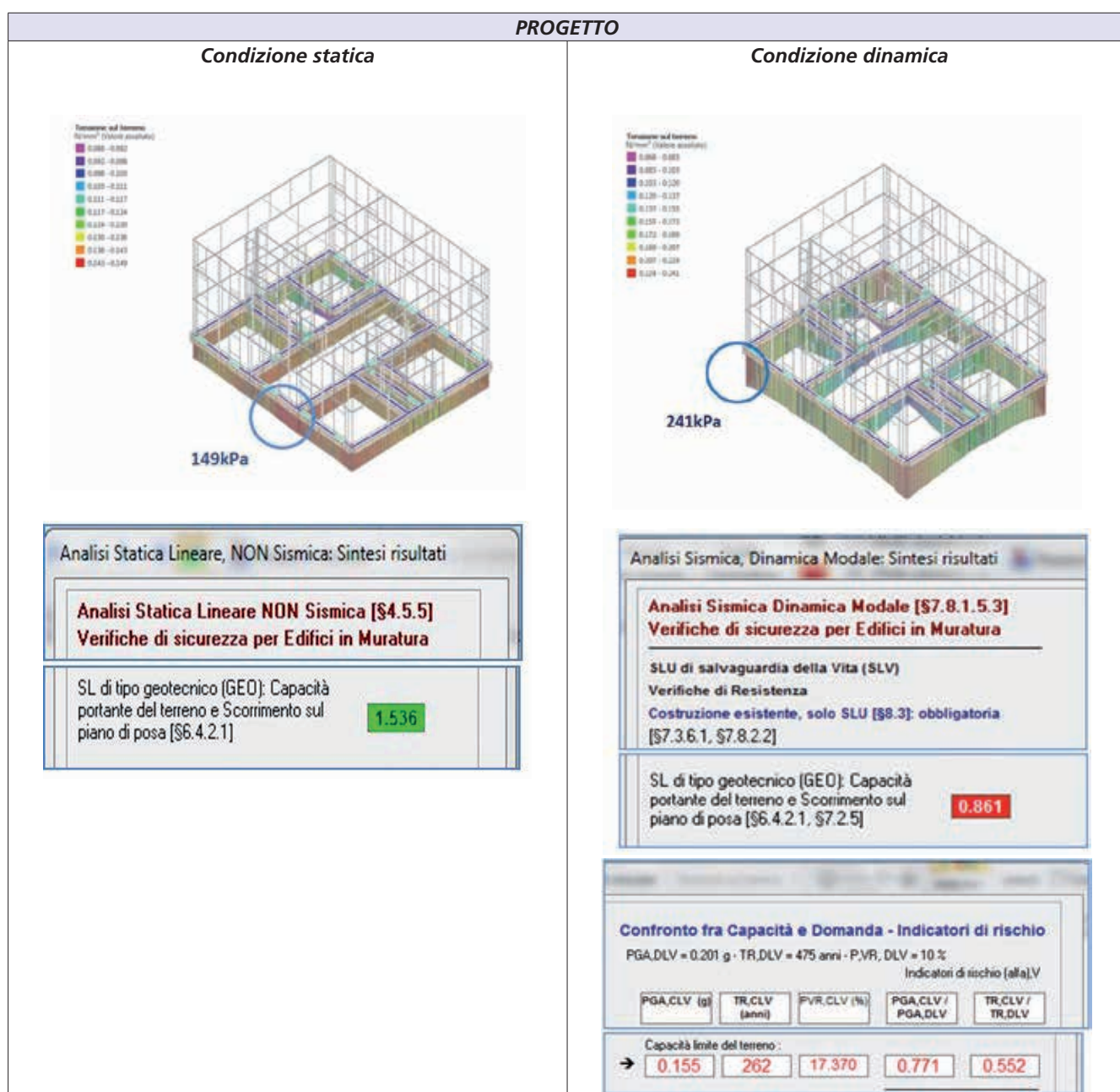


Figura 2

Si vuole quindi esplicitare un caso studio specifico: un edificio residenziale nel comune di Bondeno (FE) danneggiato dagli eventi sismici del 2012; il cui progettista architettonico è l'arch. Alberto Ferraresi e gli strutturisti sono l'ing. Andrea Giannantoni e l'ing. Laura Ludovisi.

A causa di motivi logistici/operativi non è stato possibile indagare le fondazioni esistenti; tuttavia si sono condotte ipotesi riscontrate in casi studio analoghi: una larghezza della base di 60cm ed una profondità rispetto al piano campagna di 80cm. La relazione geologica presa a riferimento identificava una prima stratigrafia con spessore 3 metri, che secondo le ipotesi precedentemente esposte, includeva interamente il volume di terreno significativo. Tale strato presenta una coesione non drenata di 60 kPa il che ha comportato un carico limite del terreno, calcolato secondo l'approccio 2, pari a 139 kPa.

Dal modello globale dello stato attuale, redatto con il software PCM della Aedes, si registrarono pressioni sul terreno maggiori del carico limite, come osservabile nella figura 1. Si è quindi optato per un intervento di iniezioni nel terreno di resine poliuretaniche espandenti che, attraverso una azione di compressione sul terreno, forma un fitto reticolo di lame con un conseguente miglioramento delle caratteristiche meccaniche del suolo.

Il miglioramento delle caratteristiche del terreno, determinato di concerto con la azienda che eseguirà i lavori, è stato quantificato come un incremento del 68% della coesione non drena-

ta e della costante di Winkler; ciò ha comportato modifiche sul modello di calcolo dello stato di progetto rispetto alla condizione attuale.

Si è quindi ricavato il nuovo carico limite del terreno, sempre secondo l'approccio 2, che risultava pari a 229kPa. Il modello globale dello stato di progetto, che comprendeva interventi non meramente geotecnici, ha portato ai risultati riportati nella figura 2.

Raffrontando i modelli di calcolo non si registrano variazioni significative delle pressioni agenti sul terreno, tuttavia a causa della variazioni delle caratteristiche meccaniche del terreno, si sono ottenuti netti miglioramenti delle verifiche geotecniche.

L'intervento esposto non è ancora stato eseguito; di conseguenza non si è a conoscenza del reale miglioramento sulla capacità del terreno. Per accertarsi che l'intervento sia coerente con quanto progettato, si è stabilito di redigere, durante le operazioni di iniezione, una prova penetrometrica dinamica che fornisca indicazioni in merito alle variazioni delle caratteristiche del suolo.

L'ultima parola sarà data alle operazioni di monitoraggio, anch'esse previste da progetto, che nel corso della vita nominale dell'opera stabiliranno se le resine iniettate subiranno fenomeni di degrado e garantiranno un comportamento coerente con quanto previsto dal progetto.

*Ingegnere, libero professionista