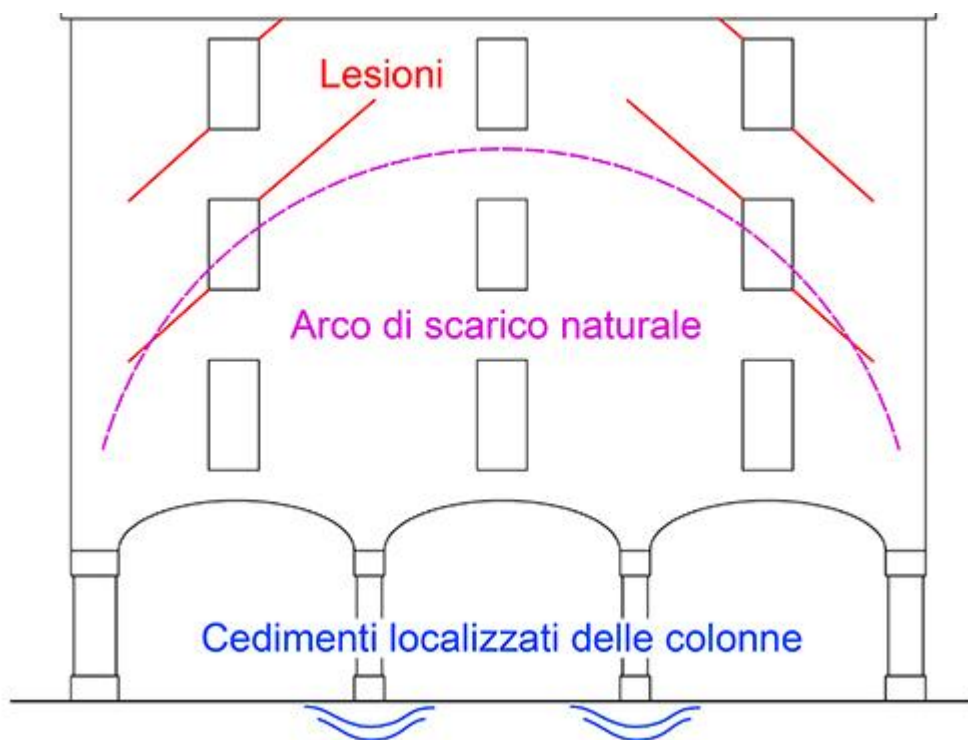


Il cedimento del terreno di fondazione e il dissesto negli edifici

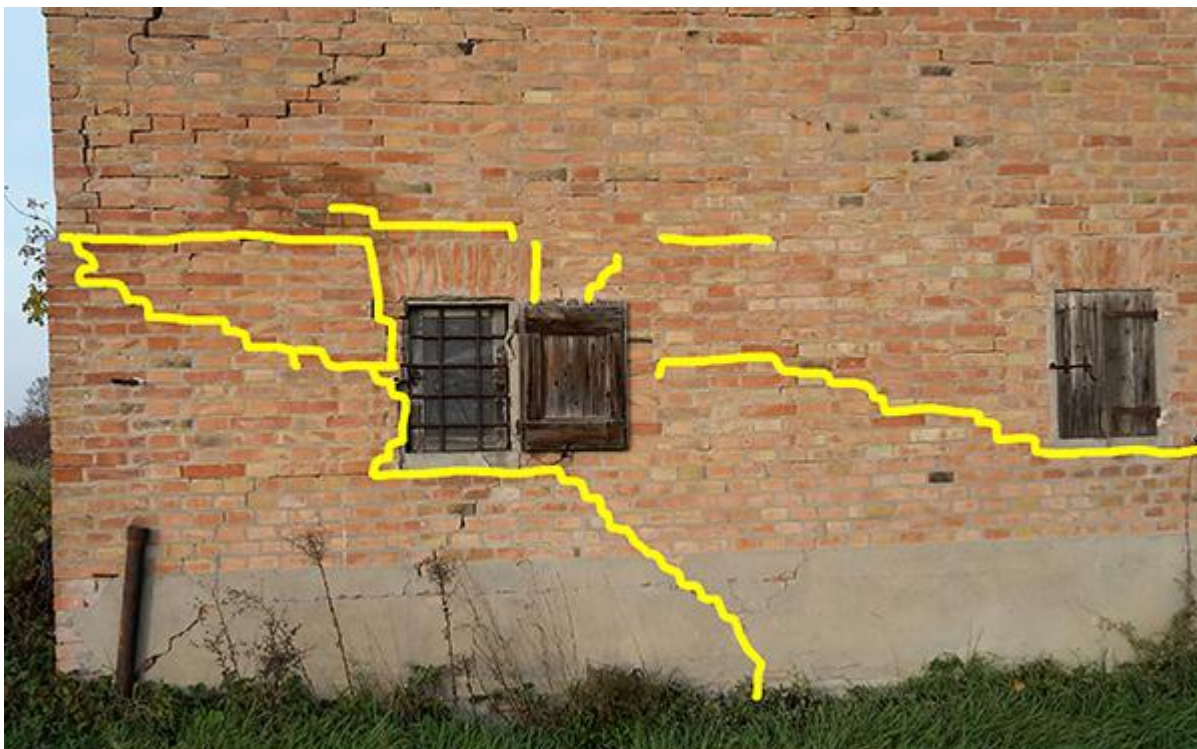
Una delle principali **cause di dissesto** degli edifici sono i **cedimenti delle fondazioni** o meglio del **terreno** su cui poggiano le fondazioni: gli edifici più esposti sono quelli con **murature portanti** in pietrame, mattoni o conci di pietra squadrata e sottostanti **fondazioni continue**, spesso poco profonde o addirittura inesistenti.



Schema indicativo di un cedimento tipo

I dissesti si manifestano con la formazione delle tipiche **lesioni a taglio diagonale** con andamento inclinato di un angolo strettamente dipendente dalle caratteristiche della muratura: dai circa **45° delle murature di mattoni** ben costruiti ai quasi **90° delle pareti** in pietrame con tessitura disordinata. Anche la posizione delle lesioni dipende ovviamente dal punto in cui avviene il cedimento.

Il fenomeno è particolarmente evidente nelle fondazioni su terreno argilloso e segue un **ciclo stagionale** caratteristico: nei mesi estivi il terreno si presenta infatti secco e naturalmente privo d'acqua a causa della scarsità di piogge e dell'abbassamento del livello delle falde acquifere; mentre in autunno e inverno si satura d'acqua diventando **più voluminoso**.



Le lesioni da cedimento del terreno cambiano perciò ampiezza in base alla stagione, **allargandosi** in estate e **chiudendosi** nei mesi freddi. L'applicazione di fessurimetri o altri dispositivi di monitoraggio, per un periodo almeno biennale, consente di riconoscere questo andamento e progettare le **contromisure**.

In questi casi, infatti, risarcire le lesioni con **malta**, cuciture armate o scuci-cuci non è risolutivo, perché, se non si procede al **consolidamento terreno**, la lesione tende a **riformarsi** nello stesso punto dopo breve tempo.

Il consolidamento è però indispensabile anche prima di costruire un **nuovo edificio** o infrastruttura, soprattutto nel caso di **suoli scadenti** argillosi o sabbiosi.

Riportiamo di seguito alcune tipologie di consolidamento di terreni

Il consolidamento del terreno con la costipazione

Esistono numerosi metodi per il consolidamento terreno di riporto o anche naturale: uno dei più efficaci consiste nella semplice **costipazione**. Il principio base è molto semplice: aumentare la **compattezza del terreno**, e di conseguenza la sua **portanza**, semplicemente diminuendo gli **spazi vuoti** tra i granelli. Il tipico cedimento terreno fondazioni si manifesta infatti a causa di un lento processo di costipazione e abbassamento naturale.

Uno dei sistemi più semplici per trattare ampie porzioni di suolo, ad esempio prima della costruzione di grandi edifici residenziali multipiano, è la **compattazione dinamica** praticata da **aziende specializzate** attraverso macchinari appositamente progettati.

Il processo avviene in due fasi, semplicemente lasciando cadere a terra un **maglio** molto pesante da un'altezza stabilita allo scopo di creare **colonne di terreno** costipate disposte a **quinconce** secondo distanze prefissate.

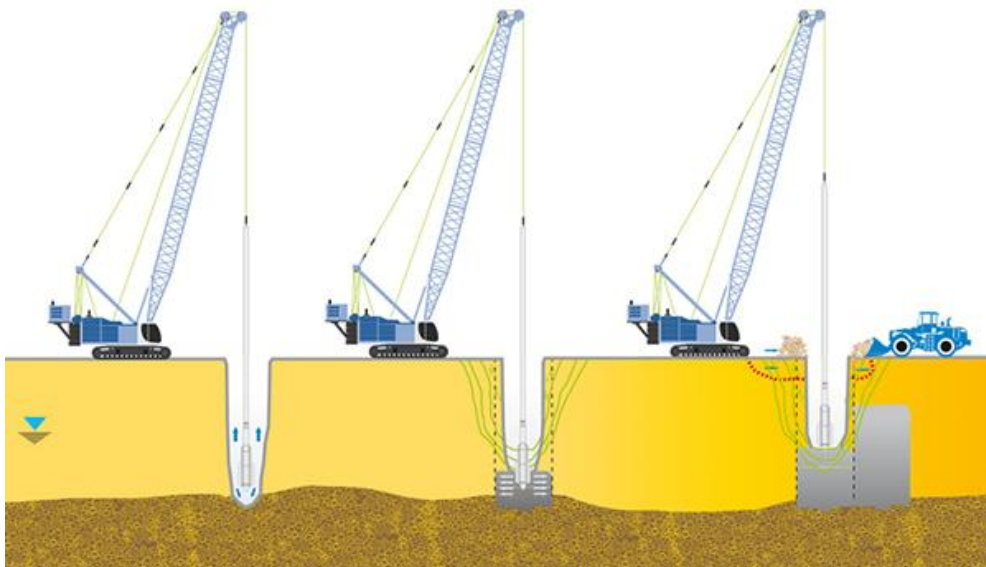
Naturalmente, il peso del maglio, l'altezza da cui cade, il numero di colpi e la distanza reciproca tra le porzioni di terreno costipate sono calcolate in funzione delle caratteristiche del suolo e dell'entità dei carichi da sopportare.

In questo modo, oltre a evitare di ricorrere a sistemi di fondazione profonda come le palificate, si riduce anche il **rischio di liquefazione** in caso di **terremoto**.



Un metodo alternativo è la **vibrocompattazione** o **vibroflottazione**, che prevede la riorganizzazione delle particelle di terreno con potenti vibrator per ottenere una configurazione più densa. La lavorazione avviene in **tre fasi**:

1. Il **vibratore**, montato su un'alta gru a palo, penetra nel terreno fino alla profondità prestabilita con l'ausilio di **getti d'acqua** ad alta pressione per **dilavare** e riportare in superficie le particelle di terreno a granulometria più fine. Il trattamento si esegue per **step successivi** sempre più vicini alla superficie.
2. Intorno al vibratore si forma un **cono di materiale di risulta** che viene man mano riempito con materiali granulari (cioè **ghiaia**) appositamente trasportati in cantiere o con il medesimo terreno prelevato in loco, con una massa di **materiale aggiunto** fino al 15% del volume di terreno trattato.
3. A intervento finito si compatta la superficie mediante **rullatura**.



Anche in questo caso lo scopo principale è consentire la costruzione su terreni soprattutto di riporto di tipo granulare, riducendo notevolmente il rischio di cedimenti delle fondazioni o liquefazione.

Il consolidamento del terreno a mezzo di palificate

Un altro ottimo sistema per il consolidamento scarpate terrose o suoli destinati a grandi edifici e infrastrutture sono le **palificate**. I loro scopi principali sono due: ottenere un **effetto di costipazione** del terreno oppure raggiungere **suoli più profondi** con una portanza decisamente superiore, trasferendo a essi i carichi dell'edificio sovrastante.



4

La **tecnologia jet grouting**, applicabile a varie tipologie di suolo, prevede l'iniezione nel terreno da consolidare di una **miscela** ad altissima pressione di **acqua e cemento** con la capacità di disgregare il terreno esistente, mescolandosi con esso e migliorandone le caratteristiche meccaniche.

Ovviamente, anche in questo caso la composizione della miscela da iniettare, il diametro dei pali non armati così ottenuti, la loro distanza e disposizione dipendono strettamente dalle caratteristiche del suolo e dall'entità dei carichi da sopportare.

**Pali Secondari
armati con gabbia di rinforzo**



**Pali Secondari
armati con gabbia di rinforzo**



Il **sistema CAP/CSC** consiste invece nell'esecuzione di veri e propri **pali trivellati** di **cemento armato**, secondo una tecnica di lavorazione articolata in tre fasi successive:

1. infissione nel terreno di un **tubo-forma** di lamiera metallica e contemporanea penetrazione nella carota di terreno così individuata di una **trivella** collegata a una **vite senza fine** (coclea) che trasporta il materiale estratto fino in superficie;
2. una volta raggiunta la profondità prefissata si ritira la trivella, riempiendo contemporaneamente il foro risultante con il **calcestruzzo fluido**;
3. una volta riempito il foro di calcestruzzo si inserisce l'**armatura** costituita da una serie di **tondini d'acciaio** ad aderenza migliorata collegati da **staffe** e si estrae il tubo forma, affinché il calcestruzzo possa parzialmente espandersi lungo i **fianchi del palo**, creando una **superficie rugosa** che garantisce una **migliore aderenza** col terreno.



Il diametro dei pali trivellati varia normalmente tra 80 e 150 cm.

Vengono inoltre disposti in file continue inserendo un **palo secondario** con armatura di tondini tra due **pali primari** non armati o armati con profilati tipo IPE o HE.

Il consolidamento del terreno con iniezioni di malta espansiva e/o resina espansiva con la tecnologia Geosystem minipalo Technology®.



Ovviamente i sistemi sopra riportati si prestano alla costruzione di infrastrutture o grandi edifici multipiano ma non alla risoluzione dei cedimenti delle fondazioni di **piccoli edifici esistenti** come palazzine o case isolate.

Per risolvere questo problema, la nostra azienda "**Edisystem srl**" ha studiato **Geo-System**

minipalo Technology® (il **consolidamento non invasivo**), un metodo di consolidamento basato sull'**uso combinato** di **minipali brevettati** e iniezioni di **malte espansive e/o resine espansive**: il presupposto consiste nel cercare in profondità i terreni più performanti, trasferendo le sollecitazioni dovute all'edificio soprastante.

L'impiego di questa tecnologia, pochissimo invasiva, è ideale anche per il consolidamento delle fondazioni nell'ambito dell'adeguamento sismico con ampissime garanzie di intervento

Ogni minipalo è formato da due parti ben distinte: una **testa di ancoraggio** e una **barra di acciaio** ad alta resistenza con diametro compreso tra 3,2 – 38 - 5,1 cm.



Il procedimento prevede varie fasi:

1. esecuzione delle **perforazioni** mediante barre di acciaio cave con impiego di **macchinari a rotopercussione di piccolo ingombro come la nuovissima "ERCOLINO 4.0"**, studiata e costruita appositamente per la posa dei **minipali geosystem®**.

Il macchinario radiocomandato è di nuovissima concezione, e con un'unica parola **Ercolino 4.0** racchiudere al suo intero ben quattro importanti e fondamentali caratteristiche : **compattezza, leggerezza, versatilità, potenza**, ideale quindi per lavori in spazi ristretti e di limitata altezza.

2. inserimento della **testa di ancoraggio** e suo fissaggio con **betoncino epossidico** o utilizzo di una speciale **malta reoplastica "geo anchor"** colabile a rapido indurimento, allo scopo di trasferire le sollecitazioni dall'armatura metallica alle fondazioni esistenti;
3. inserimento nel secondo tratto del **minipalo geosystem®**, mediante iniezione ad alta pressione di una malta cementizia espandente fino al doppio del suo volume iniziale "**geo-xp**", o in alternativa, nel caso di terreni con forte presenza di acqua, iniezione di una schiuma poliuretanica bicomponente "**geo MP 355**" con un grado di espansione fino a cinque/otto volte il volume;
4. eventuale **collegamento** mediante bulloni d'acciaio ad alta resistenza delle teste dei **minipali geosystem®** con **piastre** o **piatti d'acciaio** (dritte o ad angolo in base alle necessità), a loro volta collegate alle fondazioni con dispositivi di fissaggio variabili in base al materiale del supporto, allo scopo di contrastare gli eventuali **cedimenti differenziali**.



Le perforazioni, variabili a seconda dei casi per numero e interasse, vengono disposte in corrispondenza dell'intera zona da consolidare; mentre l'intervento, assai **poco invasivo**, può essere eseguito anche senza sgomberare l'edificio, non richiede grossi scavi e non danneggia muri e pavimenti .

Il consolidamento del terreno con schiume poliuretaniche

Edilsystem srl propone inoltre il **sistema Plus-System** che si basa invece sull'uso di iniezioni di sole **resine espandenti per consolidamento** di tipo poliuretanico monocomponente e/o bicomponenti.

L'**efficacia** di questo consolidamento è massima per i **terreni granulari** e minore per le **argille**.

Anche in questo caso la lavorazione prevede varie fasi: dopo aver escluso la presenza di **linee interraste** come luce, gas o acqua, si eseguono dei **fori di piccolo diametro (20-25 mm)** in corrispondenza delle fondazioni preesistenti fino a una profondità strettamente dipendente dai carichi previsti, dal tipo di terreno e delle fondazioni.



Successivamente si inseriscono nei fori dei **tubi** collegati a una pistola, a sua volta connessa a un **compressore** che inietta la resina ad **alta pressione**: questa fase, fondamentale per la buona riuscita dell'intervento, è costantemente sorvegliata da un tecnico specializzato.

Una volta terminate le iniezioni, la resina si espande raggiungendo in poche ore il suo **volume definitivo** e il terreno aumenta di conseguenza la propria resistenza a compressione; mentre i fori praticati nelle murature possono essere **stuccati** normalmente con malta di calce oppure cementizia.

Il consolidamento del terreno con la tecnologia HDD

Dove non è possibile utilizzare la tecnologia del Minipalo Geosystem né la tecnologia delle iniezioni di resine epossidiche, né l'impiego di pali di grosso diametro e né dei micropali, **Edilsystem srl** propone il consolidamento dei terreni con la tecnica della **perforazione guidata HDD** *horizontal directional drilling* che prevede la creazione di un foro pilota, da un pozzo di ingresso di una serie di aste con un utensile di perforazione posto in testa con guida magnetica.

Una volta eseguito il foro si ritirano le aste, si inserisce un tubo a valvole per eseguire l'iniezione di una miscela di acqua, cementi, bentoniti e additivi speciali (con opportuni e specifici macchinari).

Tale sistema è ideale per il consolidamento, anche di grandi edifici, ed il sollevamento dei terreni mediante iniezione, che consiste essenzialmente nell'introdurre a profondità prefissata una miscela di caratteristiche tali da ottenere una rottura orizzontale del terreno, con conseguente formazione di un nuovo strato che provoca il sollevamento omogeneo del terreno sovrastante.

La diffusione orizzontale della miscela è facilmente ottenibile nei terreni sedimentari, dove la permeabilità orizzontale è maggiore a quella verticale.



Perforazione teleguidata



Inserimento del tubo a valvole



Vista dell'impianto di iniezione



Vista esterna di un edificio consolidato