

di **Alessandro Monteferrante**  
Responsabile Ufficio Tecnico Keller Fondazioni

**Per gli operatori del settore di tutto il mondo, l'azienda di Verona - appartenente al gruppo multinazionale Keller Holding Plc - è sinonimo di tradizione nell'ambito delle più svariate tecnologie per la realizzazione di consolidamenti e fondazioni speciali. Presentiamo un sistema efficace che ha riscosso rilevanti successi "sul campo"**

# Vibrotattamento a impatto zero

**N**ella storia di Keller Fondazioni la vibrocompattazione dei terreni è stata, è tuttora e sarà in futuro uno dei settori di punta su cui il Gruppo investe in ricerca e innovazione al fine di assicurare il continuo miglioramento della qualità del prodotto finale.

Alla luce della nuova Normativa Tecnica 2008 il campo delle tecnologie di consolidamento e miglioramento dei terreni va a rivestire sempre maggiore importanza. Agli ingegneri viene chiesto con decisione uno sforzo mirato all'innalzamento generale del livello qualitativo della progettazione e, di conseguenza, anche nel settore geotecnico. Le ancora recenti conseguenze del disastroso evento sismico dell'aprile 2009 una volta in più hanno dimostrato la necessità che, sia sulle nuove costruzioni che sulla riqualificazione dell'esistente, si operi al meglio, dal progetto dell'intervento, nella nuova ottica prestazionale, alla scelta e approvvigionamento dei materiali, all'esecuzione finale.

Ciò non significa però necessariamente "appesantire" gli interventi e i costi. Un passaggio in più va fatto: va migliorata la conoscenza delle più svariate soluzioni tecnologiche in modo che il professionista possa sempre "indicare" la via migliore per coniugare le esigenze strutturali alle condizioni geologiche e geotecniche del sito in cui si andrà a operare. In più, sempre maggiore attenzione va posta al tema dell'abbattimento dei fattori di inquinamento e in quest'ottica la tecnologia Keller di vibrocompattazione dei terreni può spesso essere una soluzione ideale.

## La vibrocompattazione dei terreni

Pulita, veloce, efficace: queste sono le caratteristiche di questi tipi di intervento che Keller Fondazioni propone ed esegue in tutto il nostro paese da più di dieci anni. Il primo utensile vibro fu brevettato nel 1934; da allora la ricerca continua ha portato, a oggi, la possibilità di intervenire su qualsiasi tipo di terreno sciolto.

I procedimenti di vibrocompattazione si dividono in tre categorie, in funzione della reazione del terreno alle vibrazioni indotte dall'utensile vibro: con la *vibroflottazione* vengono trattati i terreni granulari in grado di autoaddensarsi quando sottoposti a vibrazione; al contrario, le *colonne in ghiaia vibrocompattate* vengono adottate in terreni a forte o prevalente componente coesiva; in ultimo, in caso di terreni di scadenti caratteristiche meccaniche,

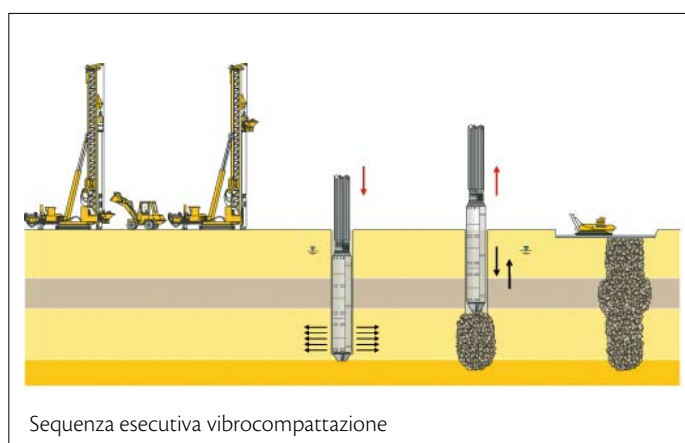
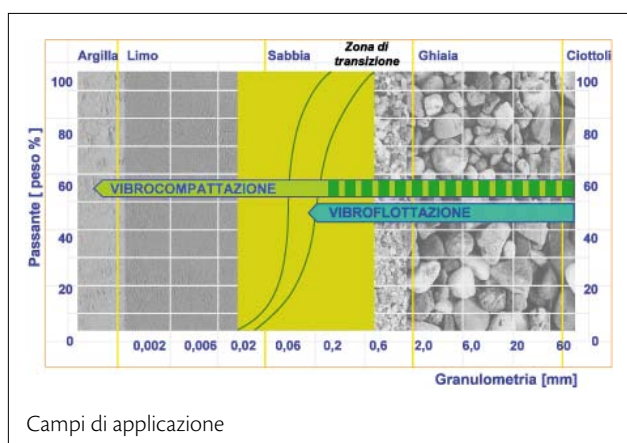
Keller Fondazioni propone nuove soluzioni come le colonne vibrato in cls o le colonne cementate.

Le colonne di ghiaia vibrocompattate sono elementi ad alta compatibilità ambientale assicurata dall'utilizzo di soli materiali naturali e dalla pressoché assenza di terreno estratto nel corso della lavorazione. Inoltre, i successivi lavori di scavo e getto delle fondazioni possono seguire a brevissima distanza temporale, aspetto non secondario in settori quali l'edilizia commerciale e industriale, in cui la riduzione dei tempi di costruzione rappresenta un fattore discriminante.

Tecnicamente la formazione di elementi colonnari in ghiaia altamente addensati e la contestuale compattazione per scostamento laterale del terreno garantiscono: la riduzione e omogeneizzazione dei cedi-



Caricamento tramoggia TR04





Colonne prova sezionate



Testa colonna post-rifilatura

menti; l'incremento della resistenza al taglio del sistema colonne-terreno e, quindi, l'incremento dei fattori di sicurezza nei confronti di fenomeni di rottura per capacità portante; l'introduzione nel terreno di elementi drenanti in grado di garantire la rapida dissipazione delle sovrappressioni interstiziali indotte dai carichi o da fenomeni dinamici/sismici.

Quest'ultimo aspetto, come ben noto, è di particolare rilevanza nei terreni incoerenti, prevalentemente sabbiosi, scarsamente addensati e sotto falda. Questi depositi, sottoposti ad azioni dinamiche/sismiche, possono collassare per perdita istantanea della resistenza al taglio ovvero "liquefare". La *vibroflottazione* garantisce, grazie all'azione di assestamento per flottazione indotta sui singoli granuli, la riduzione dei vuoti e il conseguente incremento di densità relativa ( $D_r$ ) del materiale, aspetto che si traduce poi nel miglioramento generalizzato delle caratteristiche geomeccaniche sia in termini di minore deformabilità che di portanza.

Relativamente a questa tecnologia, numerose sono le esperienze Keller in Italia e nel mondo nel campo delle opere portuali. La *vibroflottazione* è stata adottata per ad-



Inserimento sonde geotermiche



Vibroflottazione a mare

densare i materiali riversati a mare per vasche di colmata, a tergo di palancolati per nuove banchine e per addensare i fondali su cui sono stati poggiati cassoni autoaffondanti finalizzati a realizzare nuovi moli.

### Riscontri "sul campo"

Le macchine operatrici (*Tragraupe*) utilizzate per realizzare gli interventi e gli uten-

sili vibro vengono da sempre prodotte da Keller in Germania, nel proprio stabilimento di Renchen.

Le macchine standard permettono di raggiungere profondità di infissione superiori ai 20 m. Per interventi a profondità maggiori, o comunque non usuali, si può operare con attrezzature di nuova generazione, tipo *S-Alpha*.

Edilizia civile, commerciale e industriale, silos, serbatoi, discariche, opere a mare: la tecnologia è stata già largamente testata e applicata in tutti i suddetti settori, ma notevoli sono le potenzialità nel campo delle infrastrutture stradali e ferroviarie. La tematica della realizzazione dei rilevati su terreni cedevoli è ormai un esempio ricorrente.

Nei pressi di Nogara (Vr), nel 2009, Keller ha realizzato un intervento di consolidamento della piattaforma ferroviaria con colonne di ghiaia cementate spinte fino a 10 m circa di profondità. L'intervento ha interessato uno sviluppo di circa 350 m ed è stato finalizzato a limitare le deformazioni indotte dalle stratificazioni più superficiali, prevalentemente costituite da limi di mediocre consistenza con livelli torbosi. Al fine di limitare al massimo l'interruzione sulla linea, Keller ha operato su più turni portando a termine i lavori in pochissimi giorni e, comunque, entro la finestra temporale richiesta dal committente.



Formazione colonne di consolidamento su rilevato ferroviario



Esecuzione colonne vibrato cls

Recentemente Keller ha iniziato anche a realizzare interventi di valorizzazione delle opere di fondazione collegate al settore della geotermia. Gli elementi colonnari, realizzati in calcestruzzo, sono stati a tale

scopo attrezzati con sonde geotermiche poste in opera contestualmente alla realizzazione della fondazione. In Italia è tuttora in corso la prima applicazione di questa tecnologia.

A Nizza Monferrato (At) è in corso di realizzazione un nuovo complesso da adibire a presidio ospedaliero denominato "Vallebelbo". Keller, in ATI con la società austriaca Enercret GmbH, ha da poco completato la realizzazione di 900 colonne CVC (Colonne Vibrate in Cls) spinte fino a circa 18 m di profondità. Le colonne sono progettate in termini di elementi riduttori di cedimento della platea di fondazione su cui poggerà il nuovo edificio. Il 50% circa delle colonne è stato attrezzato con sonde geotermiche. Queste ultime, accoppiate a una pompa di calore, forniranno il fabbisogno base per il riscaldamento e il raffrescamento estivo dell'edificio; si calcola una potenza, in riscaldamento, di circa 320 kW per una disponibilità valutata in circa 480 MWh/anno (in raffreddamento, 240 kW e circa 312 MWh/anno).

Si può concludere quindi che i procedimenti di vibrocompattazione Keller possono essere un partner ideale a 360° per risolvere le più svariate problematiche geotecniche. E non solo. ■