

Pile Integrity Tester PIT **Caratteristiche Tecniche Serie PIT-X, PIT-X2, PIT-V e PIT-FV**

La strumentazione Pile Integrity Tester serie PIT è disponibile in 4 versioni, con 1 (PIT-X e PIT-V) o 2 (PIT-X2 e PIT-FV) canali di acquisizione. Tutti i modelli includono la funzione Trasformata di Fourier (FFT) e la licenza per il software PIT-W standard ed una licenza "dimostrativa" del software PIT-S.

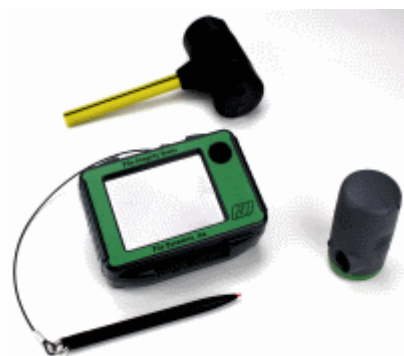
Il presente documento ha lo scopo di aiutare l'acquirente nel selezionare la versione di strumento idoneo. Allo stesso modo intende supportare l'operatore nel valutare se acquistare la versione software PIT-W Professional e/o la licenza definitiva per il software di simulazione PIT-S.

PIT-X (Wireless) e PIT-V (Standard)

PIT-X e PIT-V hanno identiche funzioni, salvo che la versione PIT-X ha dimensioni ridotte ed acquisisce i dati da un accelerometro wireless, mentre il PIT-V utilizza un accelerometro tradizionale con connessione via cavo. E' possibile aggiornare il PIT-V alla versione PIT-FV. Questo up-grade comporta una modifica hardware che può essere eseguita solamente presso la sede della Pile Dynamics Inc.

PIT-X e PIT-V hanno entrambi **un unico canale** di acquisizione che viene utilizzato per la misurare le vibrazioni mediante un **accelerometro** posto sul palo. Questo tipo di indagine e strumentazione è sufficiente per "quasi tutte" le applicazioni riguardanti la verifica di integrità delle fondazioni.

Le analisi relative a valori di accelerazione vengono eseguite nel **dominio del tempo**.



Il software PIT-W Standard è sufficiente per molte delle analisi eseguibili nel dominio del tempo.

PIT-W Professional Software permette di valutare "l'entità" del difetto (analisi β) analizzando il segnale proveniente da un accelerometro.

PIT-W Professional Software permette inoltre di Stimare il profilo (forma) del palo dalla misura della accelerazione.

Il profilo del palo è possibile inoltre ottenerlo dall'analisi mediante procedura **Signal Matching** con il software PIT-S.

La strumentazione PIT-X e PIT-V possono eseguire le analisi nel **dominio delle frequenze** direttamente in sito attraverso la funzione FFT che è presente in tutti i modelli PIT.

Questo tipo di analisi può assistere l'operatore nell'individuare la posizione dei difetti maggiori e determinare la lunghezza della fondazione.

PIT-X2 e PIT-FV

PIT-FV e PIT-X2 dispongono entrambi di 2 canali di acquisizione. Il primo canale gestisce sempre la misura della accelerazione che misuriamo nella fondazione che è richiesta e fondamentale per tutte le tipologie di prova di verifica della integrità. Il secondo canale può essere utilizzato sia per la misura della forza utilizzando un martello Strumentato (PIT-FV) o per la misura della velocità collegando un secondo accelerometro (PIT-FV e PIT-X).



Il secondo canale diventa indispensabile quando analisi approfondite devono essere eseguite, quando è richiesto da specifiche di capitolato o per ragioni tecniche. Questo tipo di analisi richiedono l'ausilio del software Professional PIT-W Pro.

Al momento solo la versione PIT-FV consente di connettere nel secondo canale il martello strumentato.

Applicazioni indicate per PIT-X2 e PIT-FV

Applicazione 1

PIT-X2 o PIT-FV con il secondo accelerometro possono essere utilizzati per acquisire due valori di velocità in punti differenti lungo il fusto del palo ad una distanza nota. Questo metodo di indagine è utile nei casi di pali esistenti integrati nella struttura, dove è necessario separare le onde di riflessione che scendono verso il piede del palo (downwards) da quelle che salgono verso la testa del palo (upwards) e la struttura sovrastante (Figure 1).

Le velocità misurate devono poi essere analizzate attraverso utilizzo del software PIT-W Professional.

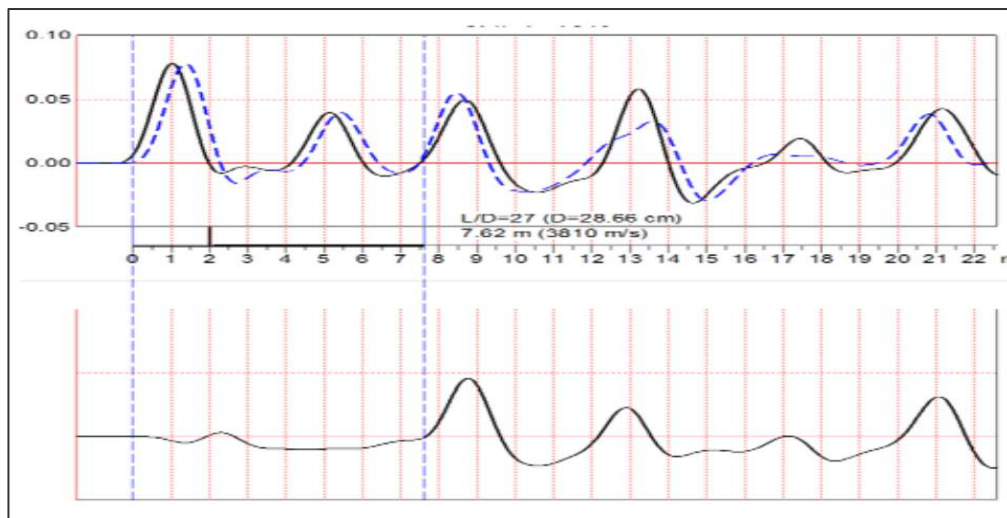


Figura 1 Alto: Velocità acquisite se due accelerometri montati in due differenti posizioni lungo il palo
Figura 1 Sotto: Analisi delle onde di riflessione verso la testa del palo calcolate con il sensore in alto analizzando entrambi le velocità

Applicazione 2

PIT-X2 e PIT-FV con il secondo accelerometro possono determinare la lunghezza di una fondazione esistente con una accuratezza più o meno del 12,5%. E' possibile ottenere questo risultato calcolando con attenzione e cura, mediante il PIT-W Pro software, i due valori di velocità misurati con i due accelerometri.

Applicazione 3

PIT-X2 e PIT-FV con il secondo accelerometro permettono di eliminare le componenti delle onde di Rayleigh (onde superficiali) misurare su pali di grandi dimensioni. Eseguire questa misurazione comporta l'acquisizione di valori di accelerazione sia orizzontali e che verticali sulla superficie della testa del palo. Sottraendo le componenti orizzontali di velocità - accelerazione da quelli verticali riduciamo la componente verticale di movimento che corrispondono alle onde di compressione assiali (verticali).

La figura 2 mostra come il segnale acquisito risulti sensibilmente migliorato in questo modo.

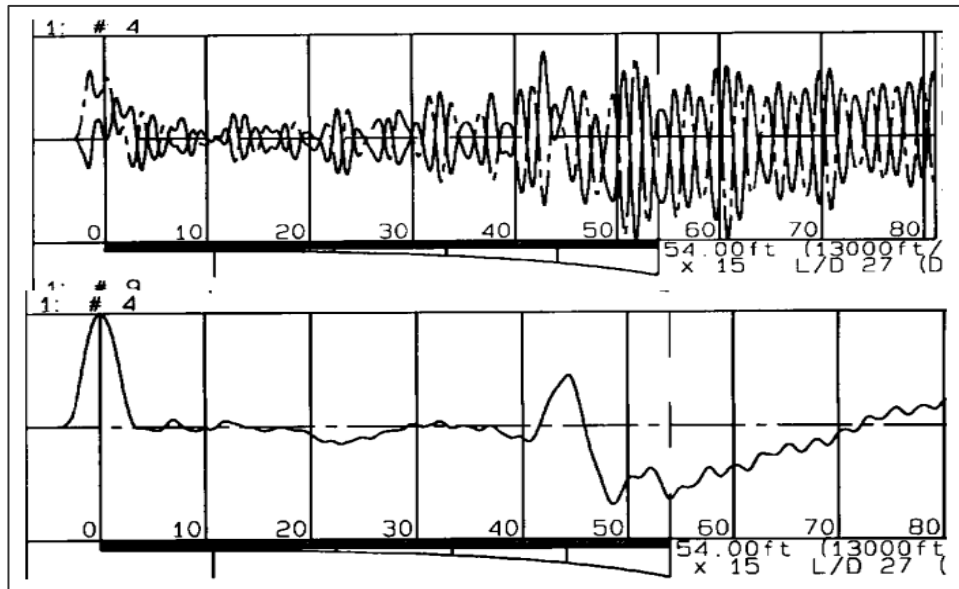


Figura 2: Risultato dell'analisi delle onde di Raleigh attraverso il test di un palo con il doppio accelerometro

Applicazione con PIT-FV

PIT-FV deve essere utilizzato quando vengono indicate nelle specifiche di capitolato le prove di Mobilità (Ammettenza Meccanica) determinata attraverso il metodo TRM Transient Response Method.

L'analisi di **Mobilità o Ammettenza Meccanica** supporta l'operatore ad individuare e localizzare eventuali difetti in quelle situazioni dove l'analisi con la sola velocità (ecometrica) non è sufficiente, come ad esempio su pavimentazioni o lastre di calcestruzzo, pareti di tunnel (esiste uno spessore minimo di indagine).

Mobilità è definita come:

$$M(f) = \frac{V(f)}{F(f)}$$

dove $V(f)$ è la velocità alla frequenza (f) e $F(f)$ è la forza alla frequenza (f).

Il calcolo della **Mobilità** richiede utilizzo del **martello strumentato** per la misura della forza oltre al segnale della velocità. L'analisi mediante il metodo **TRM Transient Response Method** può essere eseguito con l'ausilio del software PIT-W Professional.

La figura 3 mostra il valore della Mobilità visualizzato nel grafico di analisi ottenuto con PIT-W Professional. La lunghezza del palo può essere determinata misurando gli intervalli tra i picchi di frequenza come mostrato sempre in figura 3. Il valore della Mobilità Caratteristica del palo, definita come (SQRT(PQ)) viene calcolato dal programma **PIT-W Pro**. PDI comunque consiglia di verificare e confrontare i valori di Δf basandosi sui risultati ottenuti dall'analisi dei segnali nel dominio delle frequenze.

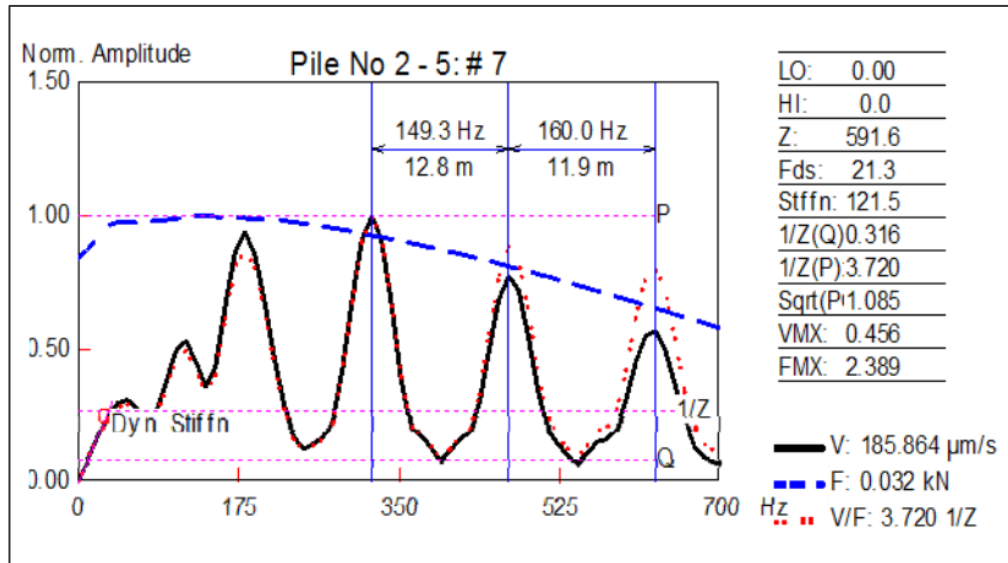


Figura 3 Grafico Mobilità e Rigidezza Dinamica

PIT-FV con utilizzo del **martello strumentato** e quindi con l'acquisizione del valore forza insieme a quello della velocità può essere utilizzato per la misura della **Rigidezza Dinamica (Dynamic Stiffness) Z(f_o)**.

La rigidezza dinamica è definita

$$Z(f_o) = \frac{F(f_o)}{V(f_o)} = \frac{2\pi f_o}{M(f_o)}$$

Dove

$$\frac{V(f_o)}{2\pi f_o}$$

Risulta essere lo spostamento (velocità diviso la frequenza) al valore di "bassa" frequenza f_o; Z(f_o) è una pseudo statica "Rigidezza".

Comparando i valori di rigidezza di differenti pali, è possibile individuare e distinguere quello con il valore di rigidezza minore, ossia il palo "debole" e quindi quello con maggiori possibilità di difetti.

PIT-FV con il **martello strumentato** permette di eseguire un **controllo di integrità nella parte superiore del palo di fondazione (porzione in prossimità della testa del palo)**.

Questa applicazione non richiede analisi con il software PIT-W Professional. In questa applicazione il segnale che otteniamo mostra ampiezza dell'impulso sia per il segnale della velocità che per il segnale della forza. In una fondazione "sana" (comunemente chiamata che "suona" bene) ampiezza dell'impulso (in termini di tempo) del segnale di forza è simile o leggermente maggiore dell'ampiezza dell'impulso del segnale di velocità.

Nel caso che l'ampiezza della velocità sia maggiore di quello della forza, come mostrato in figura 4, questo potrebbe significare una riduzione del valore di impedenza vicino alla testa del palo, la quale non è facilmente indagabile con la misura del valore della sola velocità.

Questa procedura di indagine aiuta ad individuare difetti che si trovano ad una profondità inferiore dell'ampiezza dell'impulso della velocità.

La parte superiore di una fondazione può essere indagata anche confrontando i valori di ampiezza dell'impulso della velocità dei diversi pali di fondazione.

Infatti i martelli che vengono utilizzati hanno un valore di Ampiezza-Impulso nominale, pertanto un palo che presenta un valore anomalo potrebbe avere difetti in prossimità della testa del palo.

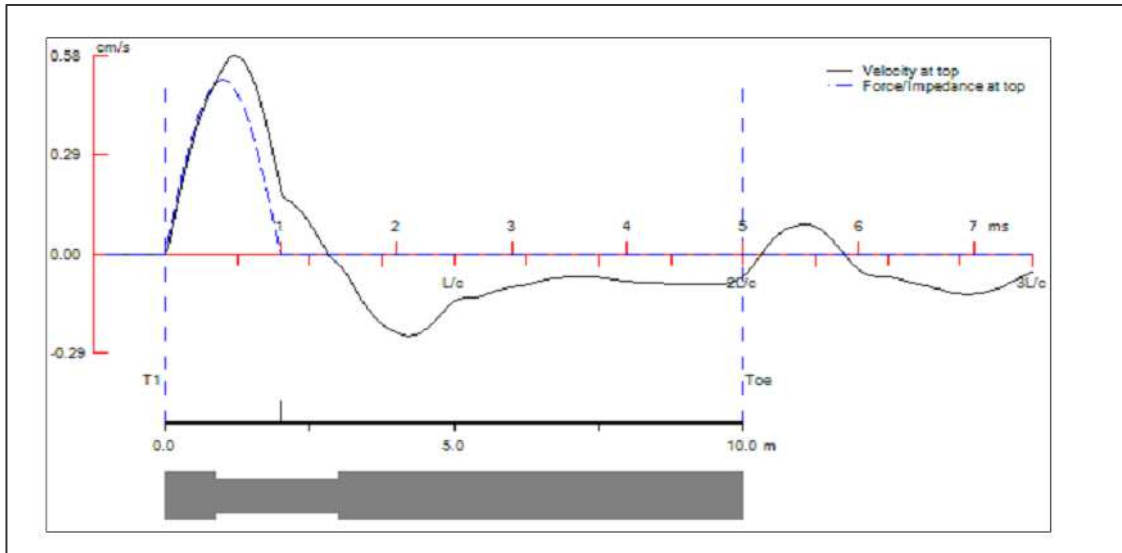


Figura 4: Segnale della velocità (linea continua) e segnale della forza (linea tratteggiata); palo con riduzione di impedenza in prossimità della testa del palo

La figura che segue mostra come differenti martelli generino sei segnali con ampiezza differente. Tipologie di martelli differenti potrebbero comportare risposte del palo non omogenee.

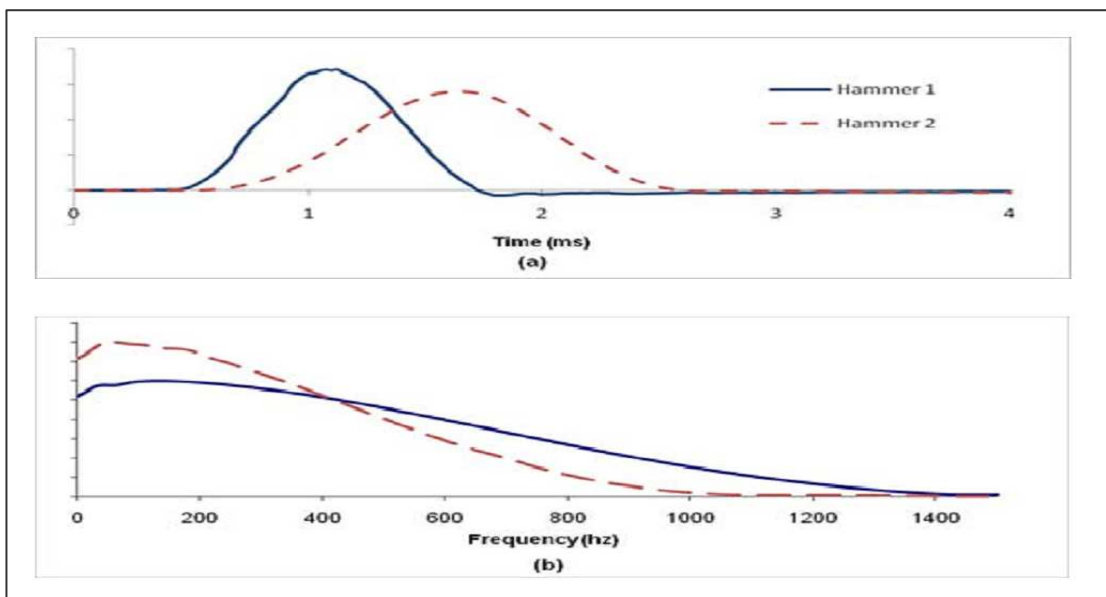


Figura 5: Segnali di forza e velocità in ampiezza differenti, visualizzati nel dominio tempo e dominio frequenza. Riga continua blue rappresenta un martello mentre la linea tratteggiata rossa segnale

La versione PIT-FV completa di martello strumentato può essere utilizzato per la misura di elementi come massetti, componenti di ponti, pavimentazioni industriali, colonne ed altro. L'impatto del martello con la superficie della struttura genera delle onde meccaniche che arrivate a "contatto" con il sensore accelerometro ci consentono di ricavare la velocità delle onde nel materiale. La velocità delle onde meccaniche risulta influenzata dalla presenza di difetti presenti nell'elemento. Lo spettro di frequenza della sollecitazione generata dal martello (ottenuta convertendo il valore di impulso della forza in spettro di frequenza con la funzione trasformata di Fourier) mostra il massimo valore di frequenza, massimo "f", e quindi la dimensione minima "T" (Thickness) che sia un palo o lo spessore di una pavimentazione può essere misurata secondo la seguente relazione:

$$\min T = \frac{c}{2 \max f}$$

Dove c è la velocità delle onde nel materiale.

Analogamente alle prove sulle fondazioni profonde mediante analisi TRM, i valori di Mobilità e Rigidezza Dinamica possono essere utili nella valutazione della qualità di questi elementi.