

Influenza dei difetti superficiali sulla risposta in frequenza su pali di fondazione

E. Lo Giudice¹, G. Navarra², R. Suppo³

¹Direttore del Laboratorio DISMAT s.r.l., C.da Andolina, S.S. 122 – km 28 – 92024 Canicattì (AG), tel. 0922 859406, fax 0922 853877,

²Laboratorio DISMAT s.r.l., Canicattì (AG)

³Laboratorio DISMAT s.r.l., Canicattì (AG)

eliologiudice@dismat.it robertasuppo@gmail.com giuseppenavarra@dismat.it

1. INTRODUZIONE

Una tecnica largamente utilizzata per il controllo non distruttivo dei pali di fondazione, che consente di desumere le caratteristiche geometriche e meccaniche del sistema palo-terreno, è quella dell'ammettazione meccanica. La prova, che rientra nelle tecniche sperimentali di tipo dinamico, prevede che il palo possa essere sottoposto ad un regime di oscillazione forzata, con forzante sinusoidale avente frequenza variabile in un ampio intervallo. La risposta del palo viene valutata tramite la misura della massima velocità in testa al palo. Il modulo del rapporto tra la massima velocità in testa e l'ampiezza della forzante definisce l'ammettazione meccanica. La curva che descrive l'andamento di tale rapporto esprime la mobilità del palo alle varie frequenze.

Partendo dallo studio teorico, ampiamente documentato in letteratura, è stato possibile implementare un codice di calcolo, attraverso la tecnica delle matrici di trasferimento, che consente di determinare il diagramma di ammettenza con la possibilità di simulare le diverse condizioni che possono verificarsi nella realtà, quali: difetti costruttivi, variazioni della qualità del calcestruzzo, successioni stratigrafiche, condizioni di vincolo al piede.

Nel presente lavoro, con riferimento ad un'ampia campagna sperimentale in campo, è stata analizzata l'influenza che possono avere sul diagramma di ammettenza le imperfezioni dimensionali del fusto del palo nella sua parte superiore. Tali imperfezioni generalmente non pregiudicano la qualità dell'opera e tuttavia possono condurre a fuorvianti interpretazioni della risposta in frequenza.

2. MODELLO TEORICO DELL'AMMETTENZA MECCANICA

Il comportamento del palo di fondazione soggetto ad una prova di ammettenza meccanica può essere studiato attraverso la tecnica delle "Matrici di trasferimento"[1,2]. Tale metodo consente di discretizzare il palo in conci elementari con proprie caratteristiche geometriche e di vincolo al terreno circostante. Nel modello per il singolo concio vengono espressi i parametri di velocità e di sollecitazione agli estremi k e $k+1$; per ogni concio viene così definita la matrice di trasferimento. Il sistema delle singole matrici, mediante un algoritmo riconcorrente, ci permette di ricavare la matrice da associare all'intero modello [3].



$$\begin{bmatrix} \mathbf{V}_0 \\ \mathbf{F}_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{m}_{11}^k & \mathbf{m}_{12}^k \\ \mathbf{m}_{21}^k & \mathbf{m}_{22}^k \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{V}_b \\ \mathbf{F}_b \end{bmatrix} \quad (1)$$

L'algoritmo di calcolo, con cui sono state effettuate le simulazioni numeriche, si basa su tale formulazione matematica del problema in esame.

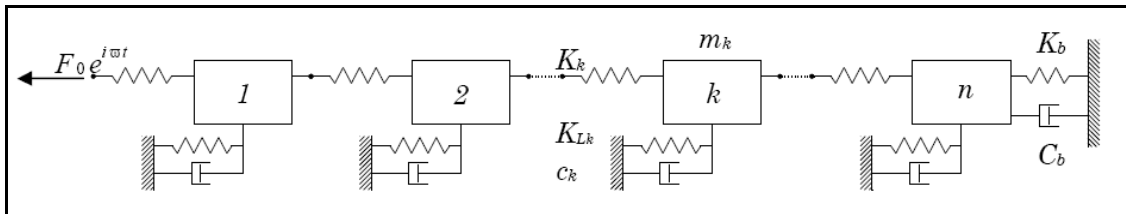


Figura 1 – Modello del complesso palo – terreno.

Si riportano di seguito i diagrammi ideali di un palo sospeso e di un palo vincolato alla base, immersi in un suolo omogeneo.

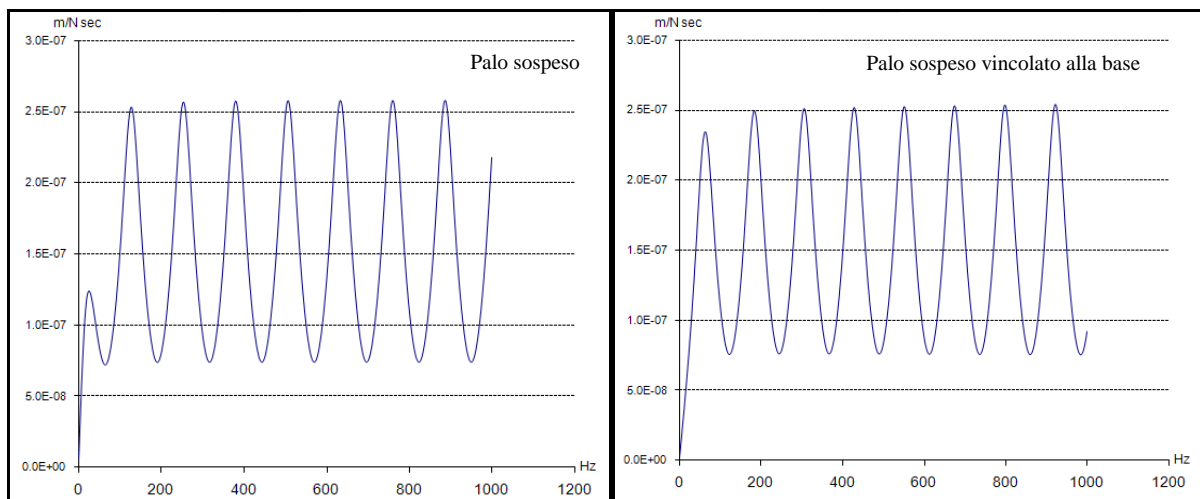


Figura 2 – Palo immerso in un suolo omogeneo (D=1.0 m L=15.0 m).

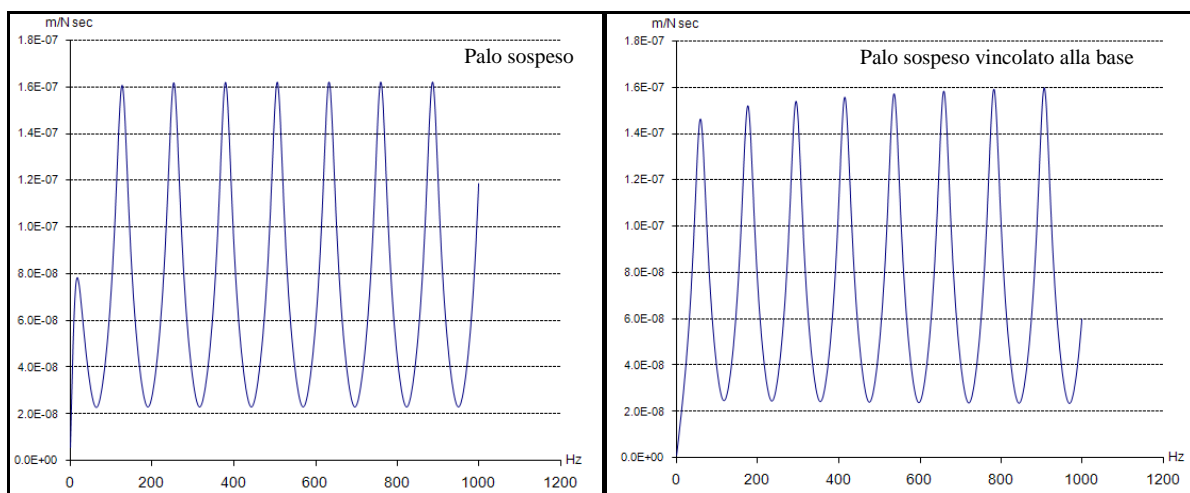


Figura 3 – Palo immerso in un suolo omogeneo (D=1.5 m L=15.0 m).

3. SIMULAZIONI BASE

Nelle simulazioni effettuate sono state ricercate le principali caratteristiche del diagramma di ammettenza. Gli esempi di seguito riportati sono relativi ai due casi consueti nella pratica professionale di palo infisso (incastato alla base) e di palo trivellato (libero alla base). In tutte le simulazioni le caratteristiche ricorrenti del palo sono la presenza in testa di imperfezioni legate alla tecnologiche esecutiva, che si suppongono estese per una profondità di circa 1,5 il diametro.

Nelle prime simulazioni (vedi fig. 4-5-6-7), che chiameremo basi, è stato ipotizzato un sistema palo-terreno con caratteristiche geometriche e meccaniche omogenee, a meno delle imperfezioni in testa. Tali modelli vengono utilizzati come strumento di comparazione per l'individuazione dei difetti.

Modello base 1° (D=1 m, L=15 m)

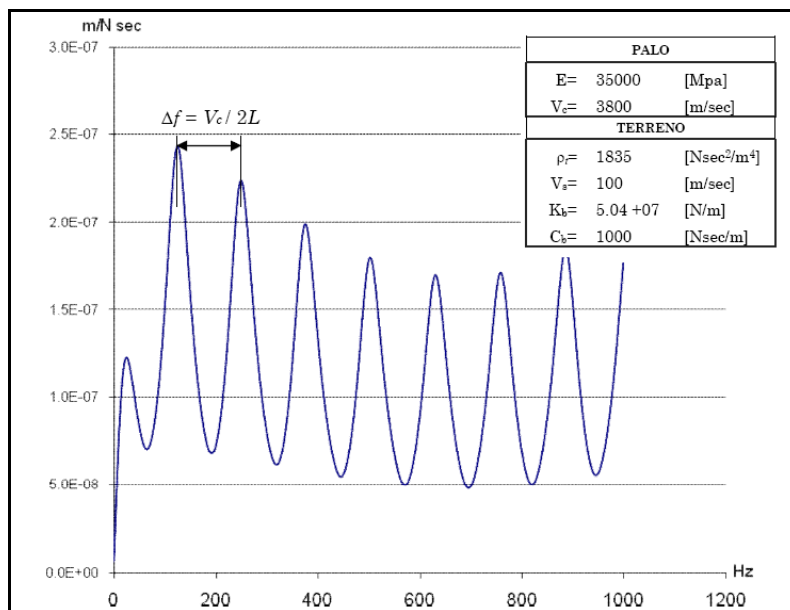


Figura 4– Palo sospeso immerso in un suolo omogeneo

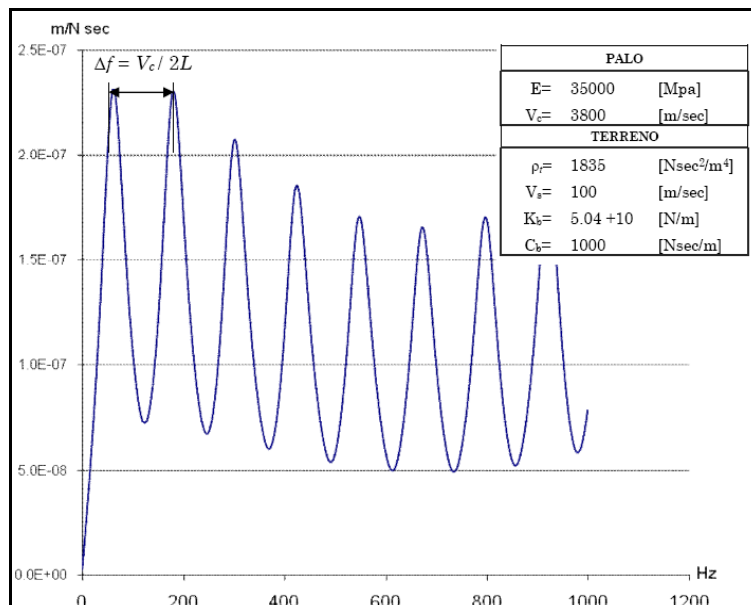


Figura 5 – Palo incastrato immerso in un suolo omogeneo

Modello base 2° (D=1,50 m, L=15 m)

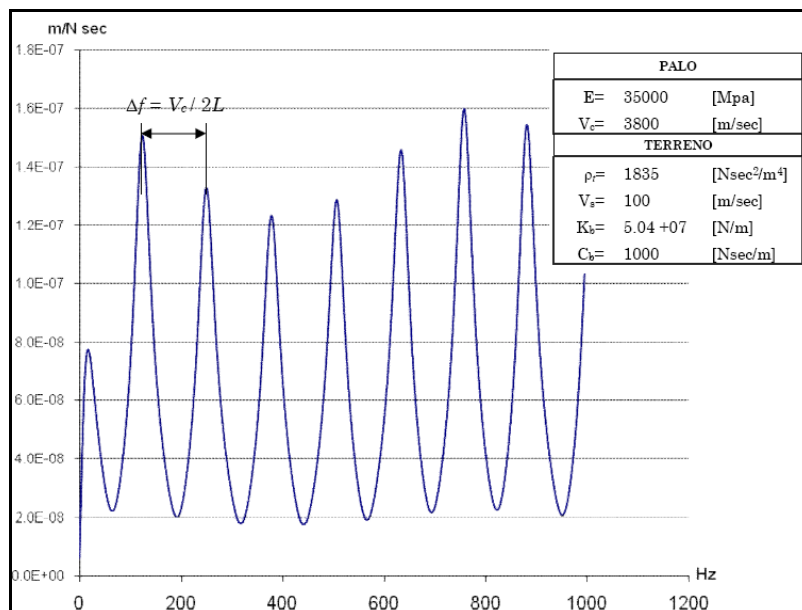


Figura 6 – Palo sospeso immerso in un suolo omogeneo

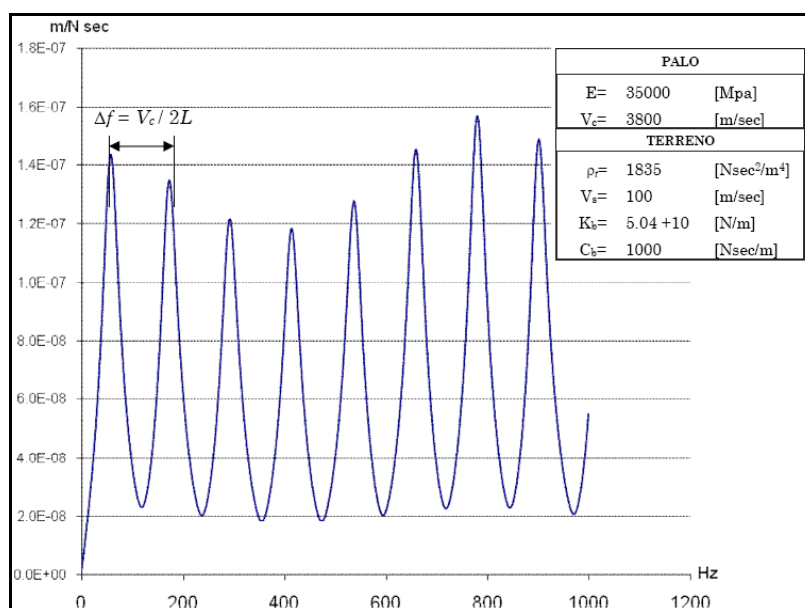


Figura 7 – Palo incastrato immerso in un suolo omogeneo

4. SIMULAZIONI DEL MODELLO PALO-TERRENO CON LA PRESENZA DI DIFETTI GEOMETRICI

Le successive sperimentazioni numeriche ipotizzano il palo con la presenza di una sbulbatura o strozzatura a metà altezza. Lo studio di tali diagrammi ci permette ancora di individuare in maniera chiara se il palo lavora di punta o lateralmente e la profondità del difetto. In particolare la profondità del difetto diviene meno esplicita per un palo sospeso con diametro maggiore di 1 m in presenza di sbulbatura, (vedi fig. 10) e i presenza di strozzatura per un diametro minore di 1.5 m (vedi fig. 14).

L'individuazione della lunghezza totale del palo è quasi sempre ben visibile.

Modello con sbulbatura (D=1,00 m, L=15 m)

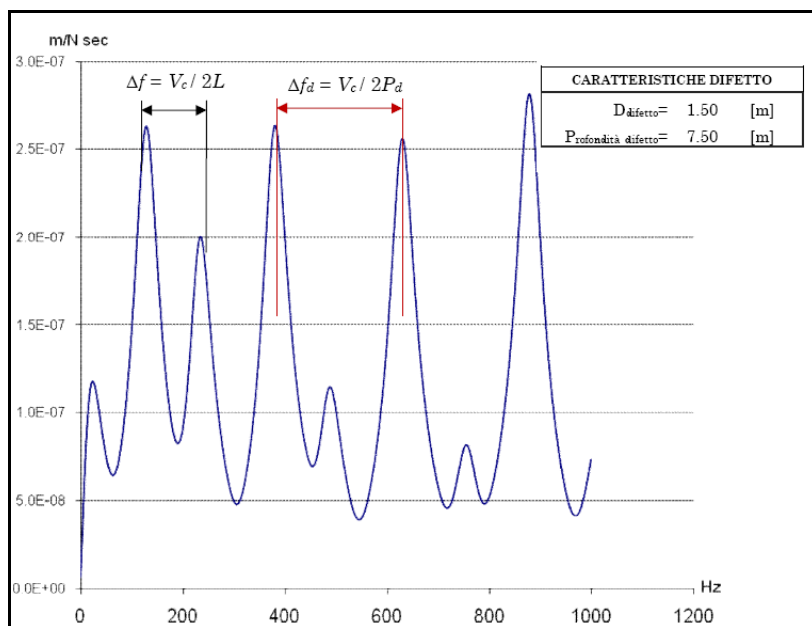


Figura 8 – Palo sospeso con una sbulbatura

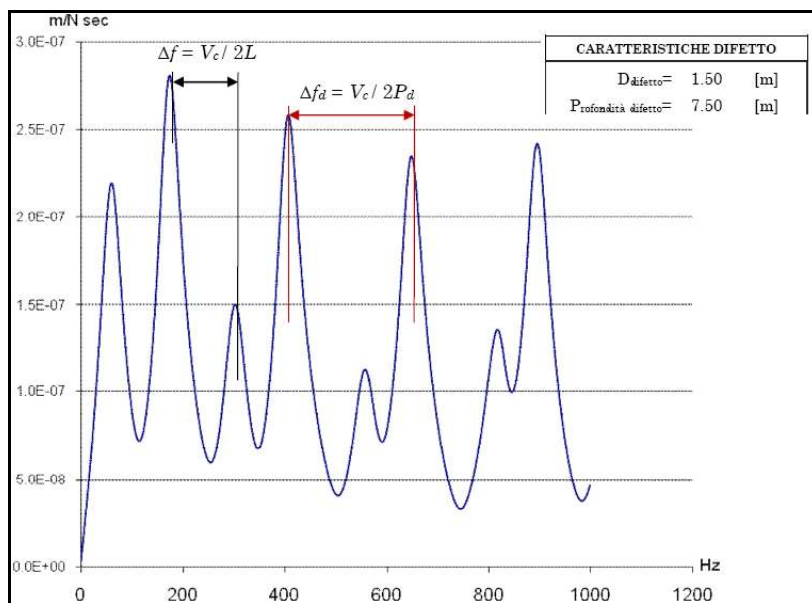


Figura 9 – Palo incastrato con una sbulbatura

Modello con sbulbatura (D=1,50 m, L=15 m)

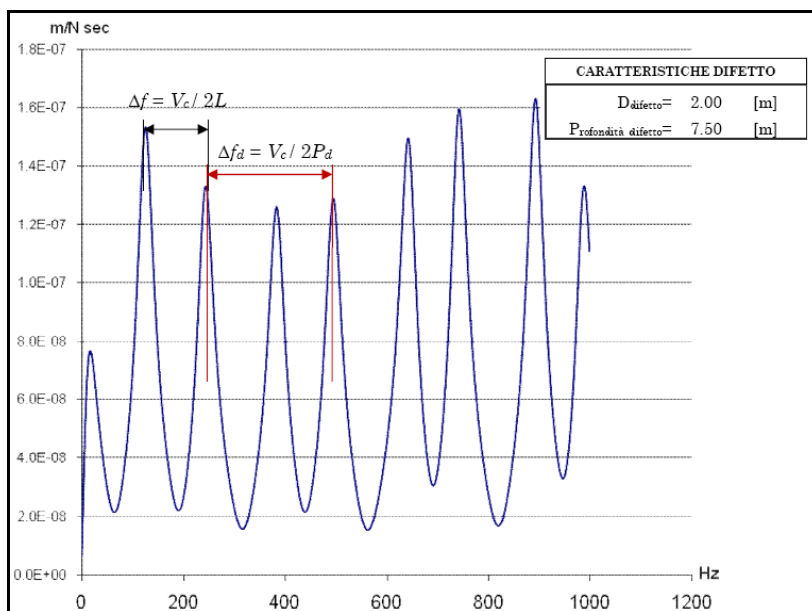


Figura 10 – Palo sospeso con una sbulbatura

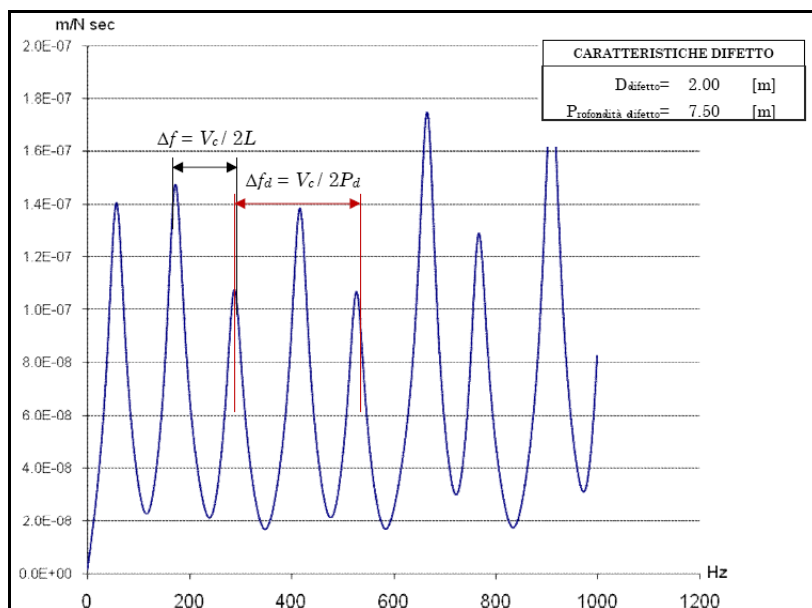


Figura 11 – Palo incastrato con una sbulbatura

Modello con strozzatura (D=1,00 m, L=15 m)

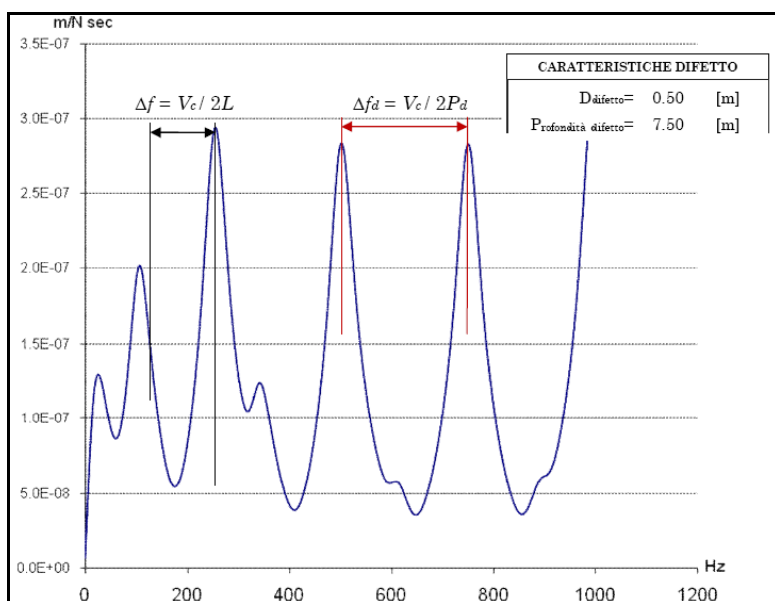


Figura 12 – Palo sospeso con una strozzatura

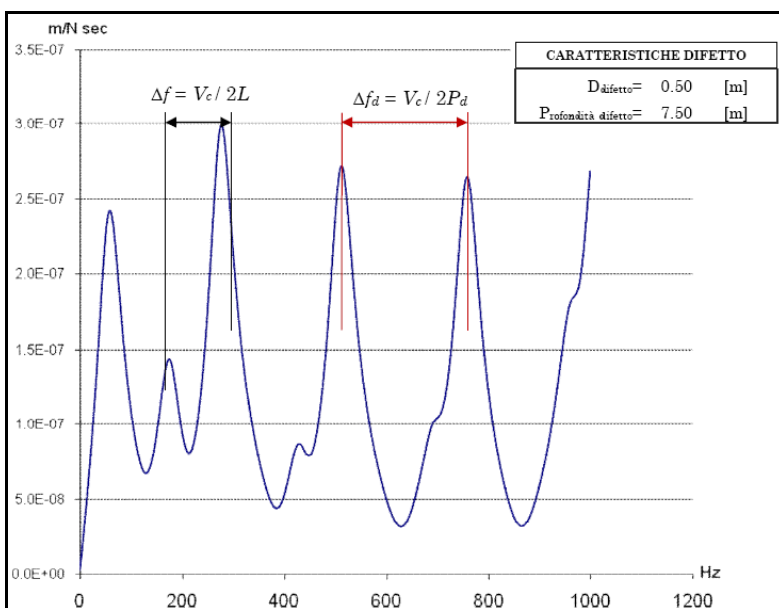


Figura 13 – Palo incastrato con una strozzatura

Modello con strozzatura (D=1,50 m, L=15 m)

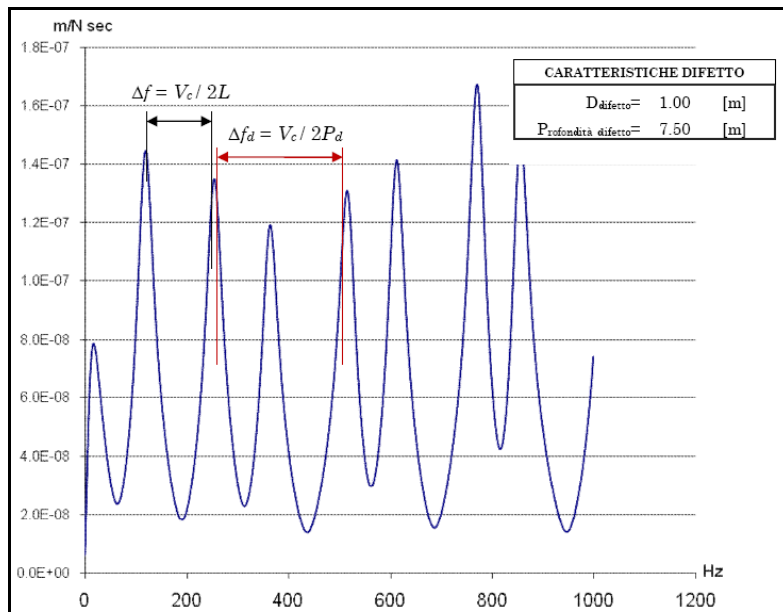


Figura 14 – Palo sospeso con una strozzatura

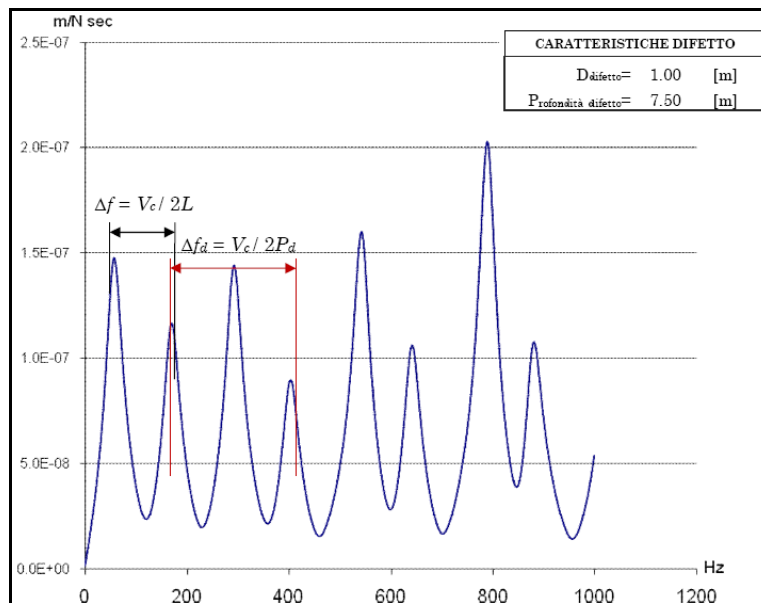


Figura 15 – Palo incastrato con una strozzatura

5. CONCLUSIONI

Dal confronto dei diagrammi di ammettenza tra modelli ideali di palo-terreno (figg. 3-4) e modelli includenti imperfezioni in testa, si può osservare in quest'ultimi l'assenza di un segnale secondario rappresentativo del difetto geometrico (vedi dalla fig. 8 alla 15).

Le simulazioni di un palo in presenza di difetti geometrici mostrano inoltre che l'interazione delle imperfezioni in testa con la presenza dei difetti a metà altezza permettono comunque di individuare il difetto è la sua profondità. In particolare per un palo con rapporto $L/D > 10$, in presenza di una sbulbatura, il segnale alle basse frequenze si sdoppia con la presenza di un segnale principale e un segnale secondario ben distinti; in caso si strozzatura i due segnali non sono facilmente individuabili. Per un palo con un rapporto $L/D < 10$ la lettura dei due segnali diventa meno comprensibile. Tali

considerazioni sono un buon punto di partenza per la lettura dei risultati nella pratica professionale.

6. BIBLIOGRAFIA

[1]Edward C. Pestel, Frederick A. Leckie, “**Matrix methods in elastomechanics**”, MacGraw-Hill Inc., US, New York (1963).

[2]Cosenza E., Greco G. (1986): **Sulle prove di ammettenza meccanica nel controllo dei pali di fondazione**. Rivista Italiana Geotecnica, Anno XX n.2. Aprile-Giugno 1986.Roma

[3]Lo Giudice E., Navarra G., Suppo. R. (2013): **Analisi teorico-sperimentale della risposta in frequenza di pali di fondazione**-Convegno Aimeta 2013.