

III-139 ソイルセメント合成杭への非破壊打撃法の適用

建設省土木研究所 正会員 ○下坪 賢一
建設省土木研究所 正会員 塚田 幸広

1. まえがき

近年、地盤中の杭基礎を対象として杭頭部を軽打撃し、その時に得られる信号・波形に基づき地中内部の杭基礎の健全性を診断する非破壊打撃法に関する研究および適用事例が増えつつある。この非破壊打撃法は、微小な測定波形を基にして解析することから、測定波形の解析手法のみならず計測技術、適用限界についても十分に解明する必要がある。そこで、本論文では大型の実験土槽内に設置されたソイルセメント合成杭を対象とした打撃試験から、速度波形の変化および波形に及ぼす諸要因について考察するものである。

2. 試験方法

2. 1 供試杭の条件

非破壊打撃試験に用いた供試杭は、大型土槽(深さ:12m)に造成されたローム質地盤に $\phi 1000$ の攪拌翼により混合されたソイルセメント中にらせん状の突起が付いた鋼管杭($\phi 500$, $\ell 10$ m)を挿入し形成された合成杭である。なお、ローム原地盤の深度方向の一軸圧縮強さ q_u は $0.5 \sim 1.1 \text{ kgf/cm}^2$ であり、約1ヶ月後のソイルセメントの q_u は $10 \sim 14 \text{ kgf/cm}^2$ 程度である。

打撃試験は、10mの鋼管杭を対象として埋設前、埋設直後1時間後、7日後に行い、養生に伴う波形の変化を調べた。また、約40日後に掘り出し切断されたソイルセメント合成杭(長さ6.7m)を地上に横置きにして、杭頭部および杭先端部に加速度計を設置して合成杭を伝播する波動の特性を調べた。

2. 2 測定方法

図-1には、非破壊打撃試験における測定システムの概要を示す。図に示すように、杭頭部を小型ハンマ(重量約300g)で打撃した時に、圧電型加速度計により杭頭部の加速度を測定しチャージアンプにより信号を増幅して、その波形をFFTアナライザを介して内蔵のフロッピーディスクに記録した。

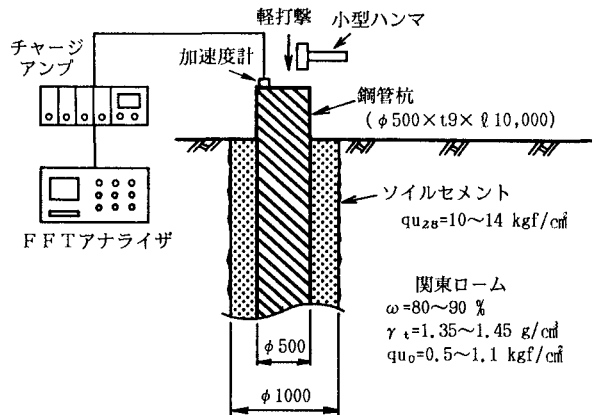


図-1 非破壊打撃試験測定システム

3. 試験結果

図-2には、10mの鋼管杭に対する杭頭打撃試験結果から養生に伴う速度波形の変化

を示す。この図において、実線は、埋設前に地上において得られた波形である。この波形において杭長($L=10$ m)と弾性波速度($c=5120$ m/sec)から計算される約4msec後に明確な反射波が認められる。次に、同図には、鋼管杭を建て込んで1時間後に測定された速度波形を破線で示した。この破線波形からは杭先端からの反射波が1往復後約4msecにおいて認められるが、その大きさは地上の打撃試験に比べて大きく減衰している。これより、まだ固まっていないソイルセメント中の鋼管杭では、杭周面の粘性抵抗によって、杭体を伝播する波動が減衰していることが推察できる。さらに、鋼管杭を建て込んでから1週間後に観測された速度波形を図-2において一点鎖線で示す。この波形においては、杭端部からの反射波は識別できない。すなわち、杭周面のソイルセメントが固結・附着して鋼管とソイルセメントが合成された状態では、小型ハンマー程度の打撃では波動が杭先端まで伝播せず、杭先端から

の反射波を得るにはより大きなエネルギーが必要であると考えられる。なお、打撃後見られるうねりは、地上に露出している鋼管杭部分の影響によるものと考えられる。

次に、図-3には、ソイルセメントが鋼管内面および外面に付着した状態で切断した供試杭（長さ 6.7m）を地上に横置きにして杭頭部で打撃試験を行った際に測定された杭頭および杭端部の速度波形を示す。図より杭端部の速度波形には杭頭部に見られる高い周波数成分は含まれていない。これは鋼管杭の外面および内面に付着しているソイルセメントの影響と考えられる。

一方、同図で杭頭部で第1波が発生してから約 1.5msec後に杭端部の速度の第1発生波が認められる。ここで、掘り出した杭の長さが 6.7mであるから、杭体内を伝播する波動の速度は約 4470m/secと算出される。これより杭周面および鋼管内ソイルセメントが付着し合成された状態では、波動の伝播速度はソイルセメントが付着する前の伝播速度5120m/secより小さくなっている。また、杭頭速度波形には、鋼管内部のソイルセメント充填面（杭頭から約 3 m）からの反射波が杭頭打撃後約1.7msec後に現われている。このように、台座、管内充填面および杭先端の位置を考慮すると、杭頭部の速度波形と供試杭の状態がある程度対応していることがうかがえる。

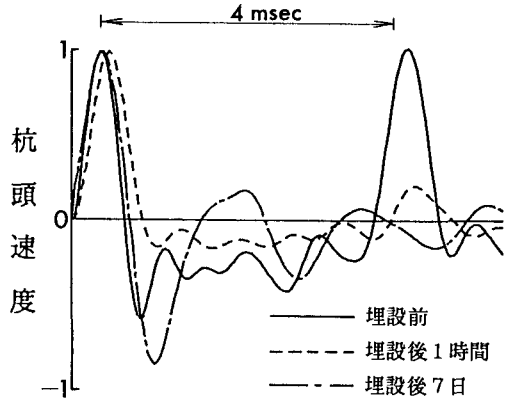
4. まとめ

本論文では、ソイルセメント合成杭を対象として、鋼管杭周面のソイルセメントの養生・付着程度が異なる条件で行った非破壊打撃試験において、杭頭部分では杭の長さや杭周面の状態によって異なった速度波形が測定されることを示した。また、掘り出したソイルセメント合成杭の打撃試験からは、合成杭の波動伝播速度は鋼管のそれより小さいこと、杭端部分ではソイルセメントの影響で高い周波数成分は伝播しないことが明らかとなった。そのため、測定波形から地中の杭の健全性を推定するには杭周面の状態を勘案して打撃方法やデータ収集方法を選定する必要がある。

今後は測定波形の減衰を考慮した打撃方法や計測方法について検討する予定である。

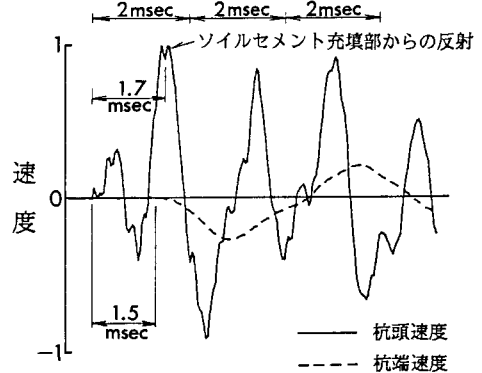
<参考文献>

- 1) 境、塚田、大和、本村、村上、重松；非破壊的方法による杭の形状計測、第22回土質工学研究発表会、昭和62年6月、
- 2) 下坪、塚田、境；杭の非破壊検査技術の開発（1）- 応力・加速度波形に及ぼす土の影響 -、第23回土質工学研究発表会、昭和63年6月



※第1発生波の最大値を1としている

図-2 養生日数と速度波形の変化



※最大値を1としている

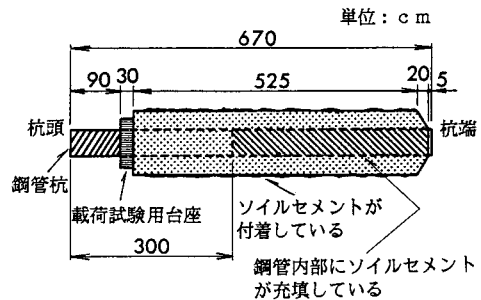


図-3 掘り出し杭の打撃試験結果