

神戸大学工学部 正 谷本 喜一
神戸大学工学部 正 ○ 中村 潤一
兵庫県 土木部 三隅 文彦

1. ま え が き

地盤を伝播する弾性波速度を測定することにより、その地盤の弾性定数を決定することができる。とくに、せん断波速度は地盤の力学的特性に直接的に結びついており、その測定は“板たたき法”により容易に行うことができる。しかしながら、“板たたき法”の実施は海底や湖底では不可能に近い。そこで本研究では、振源として比較的簡単な“杭たたき法”、つまり、地盤に杭を打ち込むことにより波動を発生させ、波動の成分の運動軌跡を描いて軌跡上のS波到達点を求めた。この結果、運動軌跡を描けば杭たたき法によりS波速度を決定できることが確認できた。

2. 実験概要

杭たたき法ではP波及びSV波が卓越して発生する。杭は主として図-1に示す形状で木製のものを使用した。形状の異なるものや鋼製のものでも実験を行った。また、SV波の速度を正確に求めるために、本研究室で試作した図-2に示す孔中せん断機を使用した。これは上方打撃と下方打撃により位相が反転するSV波を発生させる装置で、SV波の速度を容易に求めることができるが、かなり深いボーリング孔内に設置した場合には測定後孔壁の崩壊等により回収が困難となる欠点がある。

現場は比較的均質なまき土地盤で、表面から深さ15cmまでは砂利が多少混入している。現場には直径7cmの観測孔を1本、振源孔を6本設けた。各孔の位置関係と深さを図-3に示す。振源孔を掘削したのは孔中せん断機を設置するためである。観測孔内には上下1成分、水平直交2成分の地動をとらえるボアホールピックを設置した。現場で受振した弾性波動はデューターレコーダーに記録し、シグナルプロセッサーを通してX-Yレコーダーに描かせて波形解析を行う手順をとった。

次の2つの実験をNo.1からNo.6までの6地点で繰り返して実施した。

- (1) 木杭をハンマーで振源孔の底に打ち込み波動を観測する。
- (2) 孔中せん断機を振源孔壁に十分密着させて設置し、位相の逆転したSV波を発生させるために上方打撃と下方打撃を行い波動を観測する。

なお、No.3地点では形状や材質の異なる杭を使用して実験を行い、先端形状や断面積の違いによる発生波動の変化を調べた。

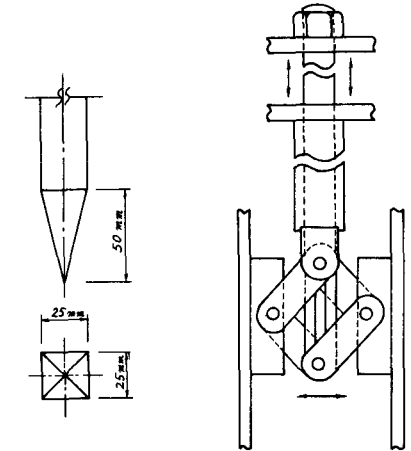


図-1 杭の形状

図-2 孔中せん断機の構造

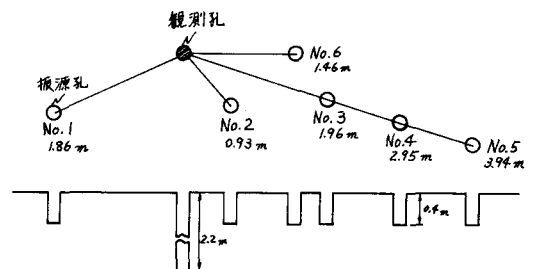


図-3 観測孔と振源孔

(振源孔の番号の下に両孔間の距離を示す)

3. 実験結果及び考察

杭を地中に打ち込めば、地盤内部をP波、S波などの実体波が伝播すると考えられるが、観測点（ピック）でキャッチした波動の運動軌跡を描けば、伝播波動の種別が明らかとなる。観測点が図-4のように伝播するP波、SH波またはSV波をとらえた場合、それぞれの波のY-Z面上、X-Z面上の運動方向は図-5のように考えられる。なお、ピックは速度計であるから記録された速度波形を積分して運動軌跡が描かれる。

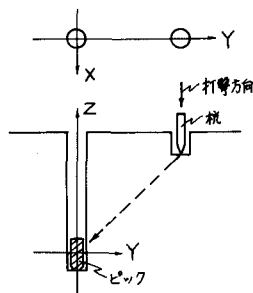


図-4 波の伝播方向と座標

実験結果としてNo.3の結果を例にとって以下に説明する。

図-6に杭たたき法により得られた成分の波動記録を示す。また図-7(a)(b)は観測点の運動軌跡で、それぞれY-Z面上、X-Z面上のものである。運動は①から始まり③④まで描かれている。この番号は3成分の波形を積分したときの区切り線の番号である。これからわかるように①から⑬あたりまでP波が、それ以降はSV波が卓越している。この場合SV波の到達点は⑬あたりと考えられるが、⑬⑭あるいは⑭付近もその可能性がある。⑬と⑭では速度に約35 m/sの違いがあり、確実な到達点を確認する必要がある。

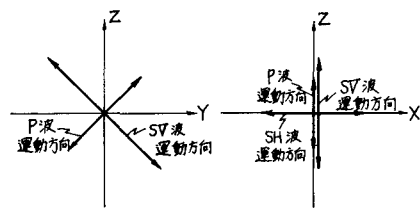


図-5 P波・SH波・SV波の運動方向

そこで、孔中せん断機により位相の反転するSV波を発生させてSV波の速度を求めることにした。孔中せん断機の上打撃と下打撃で得られた2つの波形の重ね合わせは図-8に示すとおりである。このように波形はB線で大きく反転しており、A線からB線までがP波、B線でSV波が到達していることがわかる。これからSV波の速度を求めると180 m/sとなる。一方、この速度のSV波が図-7(a)(b)の軌跡上のどの点で到達しているかを計算すると③となる。従って、SV波の到達点はY-Z面上の軌跡が急激に折れ曲り始める所であることが明らかになった。

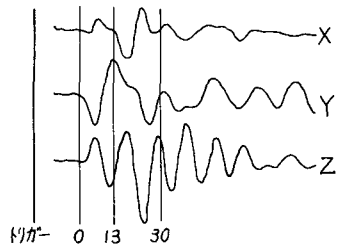


図-6 波動の3成分

No.3以外の地点でも同じ実験を繰り返し実施したが、同様に軌跡上でP波の動きからほぼ直角に折れ曲り始める点がS波の到達点であることが確認できた。さらに、No.3地点において杭の形状や材質を変化させて実施したが、杭の種類にかかわらず同様の結果が得られている。また、板たたき法によりSH波の速度を確認したが、SV波の速度とほとんど等しい値が得られている。以上のように、標準貫入試験機等を利用して現位置試験法の1つとして杭たたき法によりS波速度の測定が可能になると考えられる。

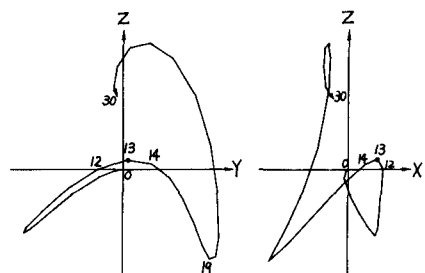


図-7 Y-Z面上及びX-Z面上の運動軌跡

4. あとがき

杭たたき法により観測される波動から観測点の運動軌跡を描き、P波の動きからほぼ直角に折れ曲り始める点がS波の到達点であることを確認した。従って、運動軌跡を描けばS波速度を測定できることが判明した。今後は海底や湖底における実験を実施し、さらに実用性を確認する予定である。本研究の実験および資料整理に協力いただいた奈良県庁の福本昌彦氏に厚く感謝いたします。

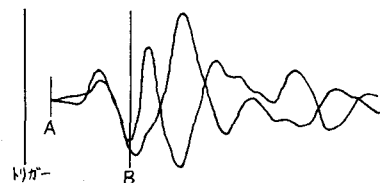


図-8 孔中せん断機による波の重ね合わせ