

Ⅲ-A 366

SPT 時の応力波のウェーブレット変換と周波数-パワースペクトル図の解釈

東京理科大学 名誉会員○藤田圭一
正会員 今村芳徳
東電設計(株) 正会員 山口博史
東京理科大学 学生会員 吉永拓生

1. はじめに

SPT 時のロッドに発生した応力度の時刻歴(応力波)と光学式変位計で測定した貫入量の時刻歴(貫入曲線)は、その特徴が地盤条件により異なる。豊浦乾燥砂、上載圧 98kPa、相対密度 40%、60%、80% で得られた応力波を Morlet 関数を Mother 関数とする連続ウェーブレット変換し、時間-周波数-パワースペクトル図を作成して、パワーの分布の特徴と地盤条件の関係を求めた。

2. ウェーブレット変換結果と考察

図-1 の相対密度 60%に対する応力波と貫入曲線によれば○印の時刻でハンマーとノッキングヘッドの 3 回の衝突が認められる。ただしその時刻と回数は地盤条件によって異なる。

図-2 の周波数-時間-パワーの 3 次元図は図-1 の応力波をウェーブレット変換したものである。この縦軸のパワーとは、応力度とサンプリングレートの積を 2 乗して係数をかけたものである。次に周波数-パワースペクトル図を時刻ごとに作成すると図-3 のようにパワーの値が最も大きくなる 2ms の時刻に 4 つの突出した山が現れた。この山を低周波数から順番に A、B、C、D の山と名付ける。

図-4 はロッドをひもで地上に吊しその上端を金槌で叩いて得られた応力波のウェーブレット変換結果である。図-2 と図-4 の C と D の山は周波数が一致した。したがって応力波のウェーブレット変換結果に見られる C と D の山の周波数は、ロッドがもつ固有の周波数で地盤に関係がない。

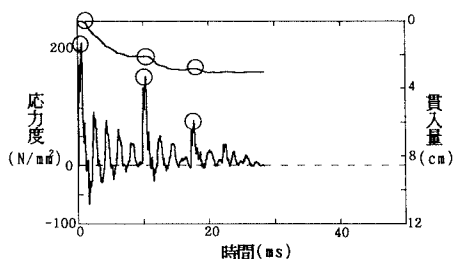


図-1 応力度と貫入量の時刻歴

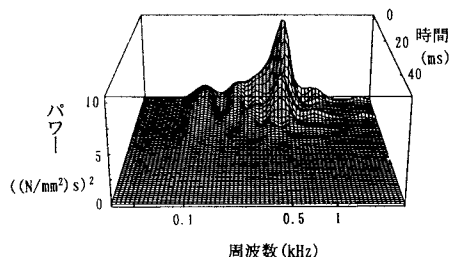


図-2 応力波の Wavelet 変換結果

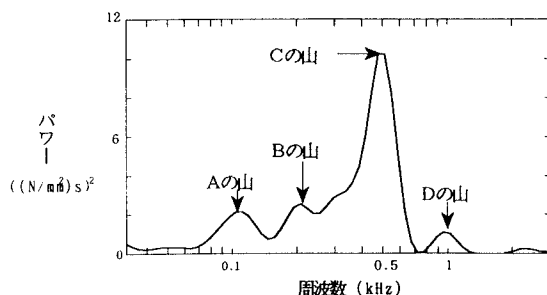


図-3 2.0msの周波数-パワースペクトル図

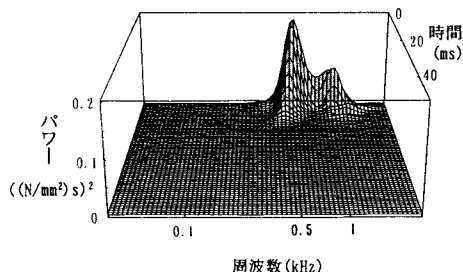


図-4 ロッドをひもで地上に吊し金槌で叩いた Wavelet 変換結果

標準貫入試験、応力波、ウェーブレット変換、周波数特性

〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641 東京理科大学 TEL 0471(24)1501 FAX 0471(23)9766

0.5 kHz 付近の最も卓越した C の山の位置は、図-5 に示す応力波の第 1 波の周期 約 2ms に対応する周波数と一致した。また D の山は C の山の周波数の 2 倍と一致した。

第 1 波の周期は相対密度 40、60、80% のすべてにおいて約 2.0ms であり、また図-6 に示す 2ms の時刻の周波数-パワースペクトル図では C と D の山の周波数は相対密度の大きさに関わらずその位置とパワーの大きさはほぼ一致した。したがって C と D の山はロッドに与えた 貫入エネルギーによるものでパワーの大きさも同一になり地盤条件に関係がないと解釈する。

0.4 kHz より低い周波数域においてパワーの分布が局所的に増大する周波数帯が 相対密度ごとにそれぞれ 2 つ見られ、○印には A の山、□印には B の山を示した。A と B の山の位置と高さは相対密度によって異なっている。

A の山の周波数は第 1 回目と第 2 回目の衝突の時間差から求めた周波数と一致した。一方 B の山の周波数は A の山の周波数の 2 倍に一致した。これは、相対密度が変わっても同様な結果であるので A と B の山の周波数は相対密度によって決まることになる。また A と B の高さ、すなわちパワーの大きさは、相対密度 40、60、80% の順でそれぞれ約 1 対 2 対 4 の比になったが、貫入量の逆数も約 1 対 2 対 4 の関係になった。

図-7 は、SPT 時の N 値の算出に用いる貫入量 (S) が、ハンマーとロッドの第 1 回目と第 2 回目の衝突時間差 (T)、あるいは、ウェーブレット変換結果の周波数-パワースペクトル図に見られる A の山の周波数 (f_A) を用いた次式と良く一致していることが示されている。

$$S=0.36(T-1) \quad (1)$$

S : 貫入量(cm) T : 第 1 回目と第 2 回目の衝突の時間差(ms)=1/(A の山の周波数)=1/(B の山の半周波数) ただし、 $T>2.5$

したがって、SPT 時の応力波のウェーブレット変換結果に見られる低周波数域の 2 つのパワーの山は、地盤条件によって定まると同時に、貫入量の大きさはパワーの山の高さに反比例し、かつ、式(1)によって求められることが明らかになった。

3. 結論

- (1)SPT 時のロッドに発生した応力波によればハンマーとロッドは何回も衝突する。その時刻と回数は相対密度で異なる。応力波をウェーブレット変換した周波数-パワースペクトル図にもこの特徴が示される。
- (2)第 1 波の周期の時刻における周波数-パワースペクトル図によれば、0.5kHz と 1kHz 付近の山の周波数は第 1 波の周期で、またパワーの大きさは貫入エネルギーによって決まり、地盤条件に関係しない。0.4kHz より低周波数域の 2 つの山は、ハンマーとロッドの 第 1 回目から第 2 回目の衝突に至る時間によって決まるので、地盤条件と関係がある。

<参考文献>(1)村井貞人：杭の応力波のウェーブレット解析による時間-周波数特性の評価、土木学会第 51 回年次学術講演会、pp.78～pp.79,1996.9 (2)山口博史：SPT 時の応力波のウェーブレット変換と周波数-パワースペクトル図の特性、土木学会第 54 回年次学術講演会（投稿中）

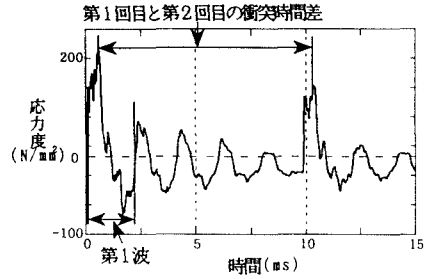


図-5 応力度の時刻歴

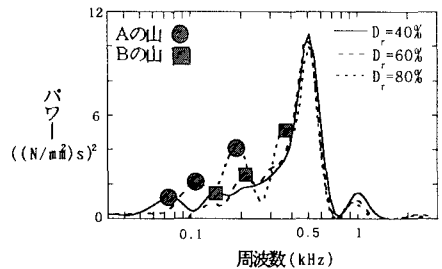


図-6 2.0msの周波数-パワースペクトル図

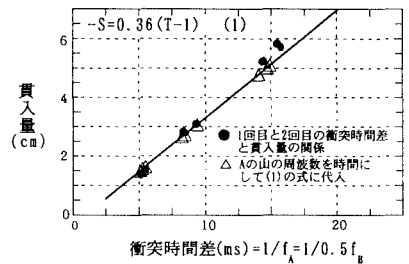


図-7 1回目と2回目の衝突時間差と貫入量の関係