

原位置と室内試験で測定されたS波速度の周波数特性について

（株）東京ソイルリサーチ 〇 正会員 鴨居正雄 正会員 酒匂教明
竹中技術研究所 正会員 畑中宗憲 内田明彦

1. はじめに

畑中らは原位置での弾性波試験で求めたS波速度が、室内で測定した高品質不攪乱試料のS波速度を同じであると考え、原位置での K_0 値を導く「 V_s 等価法」を提案した¹⁾。本報告は、「 V_s 等価法」により K_0 値を求める際、原位置において測定したS波と室内試験において測定したS波の周波数特性と、その影響について調べたものである。

2. S波速度の測定方法

原位置での「地盤の弾性波速度検層方法」には「ダウンホール方式（DH法と略称）」と「孔内起振受振方式（SP法と略称）」の2種類の 방법이地盤工学会の基準に定められている²⁾。DH法は、いわゆる板たたき法であり地表面に設置した板側面を掛矢で打撃して発生したS波を測定孔内に設置した2つの受振器で測定する方法である。SP法は、起振器と2つの受振器を測定孔内に設置し、起振器において電磁ハンマーで金属シリンダーを打撃して発生したS波を測定する方法である。原位置のS波の周波数は1波目の波形をフーリエ解析により最大頻度時の値として求めた。

室内におけるS波速度は、図-1に示すS波発生装置を用いて測定した。供試体の寸法は直径15cm、高さ30cmであり、図-1に示す2つの加速度計の距離を20cmとし、供試体端面より5cmの所に設置した。測定方法は、三軸セル内に試料をセットした後、それぞれ拘束圧を等方応力状態で19.6kPaから増加させ、各段階でハンマーとレシーブ軸を用いて、S波を発生させてS波速度を測定した。S波速度は、2つの加速度計間の距離を記録した初動の波のピーク時の時間差で除して求めた。S波の周波数は、S波の時刻歴をフーリエ解析して、最大頻度時の周波数とした。また、試験に用いた試料は、豊浦砂とTN砂による再調整試料2種類と原位置凍結法でAサイトにおいて採取した不攪乱A砂の計3種類である。表-1に試料の物理特性を示す。

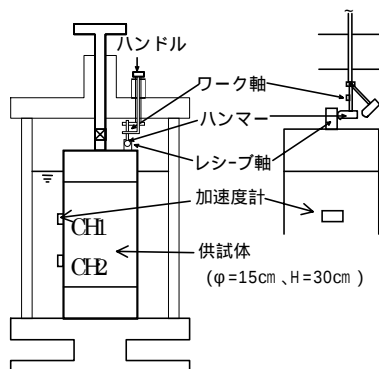


図-1 三軸セル内でのS波発生方法

表-1 試料の物理特性

試料名	相対密度 (%)	土粒子密度 (g/cm ³)	最大粒径 (mm)	細粒分 (%)	測定拘束圧の範囲 (kPa)	周波数の幅 (Hz)
豊浦砂	65	2.64	0.425	0	19.6 ~ 98	586 ~ 806
TN砂	65	2.78	2.000	0.7	19.6 ~ 98	415 ~ 684
A砂	77	2.70	4.750	0.6	19.6 ~ 392	488 ~ 1099

表-2 各サイトにおけるS波速度の測定方法

サイト	測定方法
A	DH法及びSP法
B	DH法
C	SP法
D	SP法

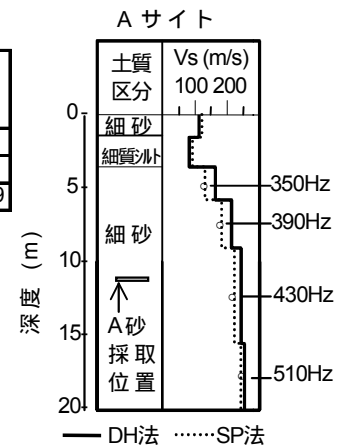


図-2 土質区分及びS波速度の深度分布（Aサイト）

3. 原位置と室内で測定したS波の周波数特性

3.1 原位置で測定したS波速度

原位置でのS波速度の測定には2種類の方法を用いた。各サイトにおけるS波速度の測定方法を表-2に示す。大矢³⁾や岡本ら⁴⁾によると、同一サイトにおける両者の実測値はほぼ一致しており、その違いは10%前後の範囲内にあると報告されている。本研究はAサイトのみDH法とSP法の2方法を用いた。図-2にAサイトで測定したDH法とSP法の結果を示す。図からDH法とSP法は常にどちらかが大きいなどと決まっているわけではなく、両者の差は10%前後の範囲内にあり、大矢や岡本らの報告と一致している結果が得られた。

キーワード：S波速度、周波数、室内S波試験、弾性波速度検層

連絡先：東京ソイルリサーチつくば総合試験所：〒305-0045 茨城県つくば市梅園2-1-12

Tel:0298-51-9501、Fax:0298-51-9559

図中の数字はSP法により得られたS波の周波数である。また、DH法から得られたS波の周波数は27～51Hzであり、SP法に比べかなり小さい。両方法によるS波の周波数が1オーダー異なるのに対してS波速度の値はほとんど一致している。この結果は大岡の報告⁵⁾と一致しており、原位置試験で得られるS波の周波数の違いがS波速度に及ぼす影響はほとんど無い。

A、CとDサイトにおいてSP法から得られたS波速度(V_s)とその周波数(f)との関係を図-3に示す。S波の周波数は、Aサイト(350～510Hz)、Cサイト(120～390Hz)、Dサイト(680～1070Hz)であり、各サイト毎にその幅は異なっているが、 V_s と f の間にはサイトによらずほぼ一義的な関係がある。このことから、SP法によって測定されたS波の波長は地盤によらずほぼ一定であることがわかる。

3.2 室内試験で測定したS波速度

S波速度と周波数の関係を図-4に示す。図より、室内試験で得られたS波速度は周波数と直線関係があることがわかる。以上のことから、室内試験で得られた V_s はSP法と同様に、S波速度と周波数との間には試料によらずほぼ一義的な関係がある。

3.3 原位置と室内のS波速度の比較

AサイトのSP法の結果と室内S波試験によりA砂から得られたS波速度と周波数の関係を図-5に示す。図より、室内試験のS波速度の波長はほぼ28cmである。一方、SP法で得られた波長は46cm程度と室内試験に比べて少し長い。周波数は、SP法が350～510Hzに対して、原位置の拘束圧の範囲における室内試験(A砂)では610～928Hzである。両者の周波数は同じオーダーではあるが、室内試験結果の方が大きな値である。また、室内試験において試料採取深度の上載圧時(等方圧)の V_s は221m/secであり、SP法及びDH法で得られた V_s は210、240m/secである(図2参照)。両者はほぼ対応している。

上記の結果により、 V_s 等価法を用いて原位置の K_0 値を求める場合には、SP法によるS波速度を用いれば、室内と原位置の周波数の違いを考慮する必要はない。

4. まとめ

原位置と室内試験においてS波速度を測定した結果から以下のことが言える。室内試験で得られたA砂におけるS波の周波数は、Aサイトによる原位置のS波の周波数より大きな値であった。しかし、 V_s の値は室内・SP法・DH法ともほぼ一致している。従って、少なくとも現時点では、畑中らの V_s 等価法による K_0 の推定にあたってS波速度の周波数による影響は考慮しなくてよい。なお、今後は、三軸セル内においてDH法と同程度の周波数のS波を再現し、周波数によるS波速度への影響について検討する予定である。

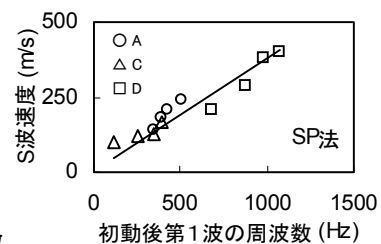


図-3 SP法により測定したS波速度とピーク周波数の関係

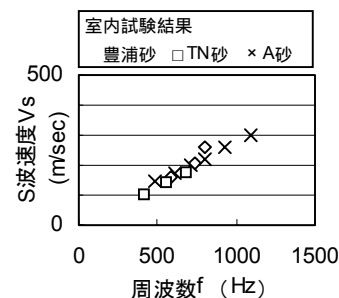


図-4 S波速度と周波数の関係(室内)

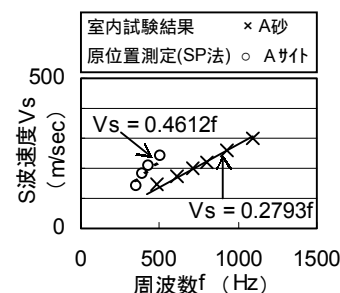


図-5 S波速度と周波数の関係(室内と原位置の比較)

- <参考文献> 1) 畑中宗憲・内田明彦・田屋裕司(1999): "Estimating K_0 -value of In-situ Gravelly Soils", Soils and Foundations, Vol.39, No. 5, pp.93-101. 2) 地盤工学会(1995):「地盤調査法」, pp89-95. 3) Ohya (1986): "In situ P and S wave velocity measurement", Proceedings of In situ, '86, ASCE, Geotechnical publication, No.6, 1218-1235. 4) 岡本敏郎・国生剛治・吉田保夫・楠健一郎(1989):「砂質地盤のPS検層における地表振源型と孔内発振振型の比較」, 第44回土木学会年次学術講演会, 第3部, pp.996-997. 5) 大岡弘(1994):「ダウンホール法(板たたき)と孔内起振受振法(電磁ハンマー打撃)で得られた砂質土内のS波周波数の比較」, 日本建築学会学術講演梗概集, B-1, pp1605-1606. 6) 酒匂教明・畑中宗憲・内田明彦(2000):「原位置弾性波試験で得られたS波の周波数の特性」, 第35回地盤工学会(投稿中). 7) 鴨居正雄・畑中宗憲・内田明彦(2000):「三軸セル内で測定したS波速度の周波数について」, 第35回地盤工学会(投稿中).