

III-44 加振方法の違いによる地盤内S波について

東洋大学土木工学科 正員 ○ 岩本 相一
 榊大林組技術研究所 " 平間 邦興
 " " 松本 伸

1. まえがき

砂地盤の液状化強度を増すために、土の応力履歴加工硬化を地盤に加えることは望ましいことである。その意味で地盤に純粹な形でせん断波（S波）を加えておくことは有効なことであるが、これは容易ではない。そこで筆者らは、地盤に水平ねじり振動を加えて、S波成分の励起の増大を図ることを目標としてきた。

この報文の結論から先に述べると、加振貫入ロッドの上下方向の振動により発生する水平面内S波加速度が最も小さく、上下方向とねじりを加えた複合運動が続く、水平ねじり振動を加えたものと、この順に相対的に大きな加速度を与えることが明らかになった。加速度振幅が大きいことは、それだけ地盤が硬化しているものと見なされる。以下はその説明である。

2. 実験の解析方法

実験に用いた土槽は、図-1に示すような長さ225 cm、幅153 cm、深さ150 cmの土槽である。この土槽は下部からの圧力水によって砂層を繰返しボイリングすることが可能で、再現性は非常に良い。実験には鬼怒川砂（ $G_s = 2.69$ ， $U_c = 2.71$ ， $D_{50} = 0.44$ mm）を使用した。初期の砂層の間隙比およびコン指數の深度分布を示したのが図-2である。

実験は、図-3に示すような4枚の羽根をつけたロッドを砂層に貫入し、上下振動、水平ねじり振動およびこれらを合成した複合振動を発生させ、それぞれの場合の伝播波を測定するものである。各加振についてそれぞれ数ケースずつの計測を行った。なお、加振振動数は、模型砂層の固有振動数より十分低く、かつ起振機の安定する振動数を考慮して5 Hz前後とした。計測値は図-1に示す位置での加速度および間隙水圧である。

実験記録は、図-4のフローに従って、すべての計測値を周波数分析（FFT，サンプリングタイム0.01 sec）した。P波・S波の分離については、間隙水圧の動的成分を利用する次式¹⁾を用いて、各振動数毎に行っている。

$$A_s = A - A_p = A - \frac{f^2}{4 \cdot 9.6} U_d \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 A ：測定加速度（ $\sqrt{\alpha x^2 + \alpha y^2 + \alpha z^2}$ ），（Gal）

A_s ：S波加速度振幅（Gal）， A_p ：P波加速度振幅（Gal）

f ：振動数（Hz）， U_d ：間隙水圧の動的成分（gf/cm²）

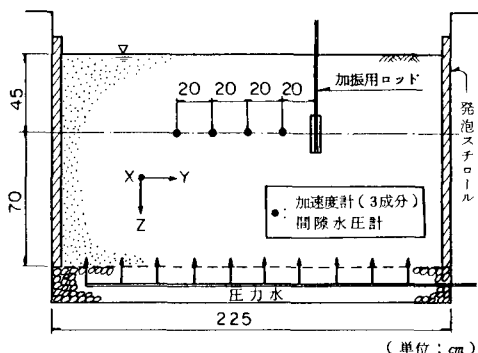


図-1 土槽断面図

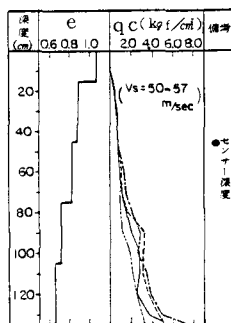


図-2 e, q_c

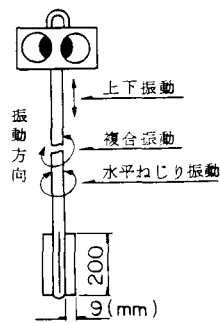


図-3 加振機およびロッド

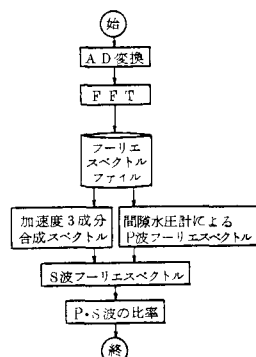


図-4 解析方法

3. 実験結果と考察

図-5は、全加速度振幅を参考文献1)によりせん断波成分を分離し、X-Y平面（水平面）に投影したものである。この量がまえがきに述べたS波成分に相当するものである。

図-6は、水平ねじり振動4.2Hzで加振したときの加速度の応答を示してある。当然のことであるが4.2Hzのところで卓越した応答を示す。

図-7は、水平ねじり振動4.2Hzで加振したときの全加速度に対する水平面内S波成分の比（D）の一例であるが、振動数4.2HzでDは80%前後であった。思ったよりも大きな値を示している。

図-8は、上下振動（加振振動数6.4Hz）、上下ねじり複合振動（4.8Hz）、水平ねじり振動（4.2Hz）の場合の $D' = A_s / \sqrt{\alpha_x^2 + \alpha_y^2 + \alpha_z^2}$ と $D = A_s / \sqrt{\alpha_x^2 + \alpha_y^2 + \alpha_z^2}$ （図-5参照）の値であるが、いずれの場合も上下振動＜複合振動＜水平ねじり振動の順に大きくなっている。これらのことから水平ねじり振動の場合が最も大きな加工硬化特性を示すものと思われる。水平ねじり振動は、上下振動に比べてS波成分の割合（D）で約25%大きくなる。また、水平面内のS波成分（D）で考えると約15%大きくなるという結果が得られた。

4. 結論

一般に砂質地盤を深層まで締固めるには種々の方法がある。しかし、耐震的な地盤の締固めという点、その数は限られてくる。従来は、鉛直加振が主流であったが、筆者らは、これにねじり振動を加えることによって、より耐震的な地盤の締固めを試みている。

その指標として、加振に対する応答加速度が大きいほど、よく締固まっているものとみなす。

結果として、全加速度に占めるせん断波成分の割合を実験的に求めた結果、上下振動時に比べて水平ねじり振動時にその割合が大きくなり得られた。このことは、水平ねじり振動が、地盤にせん断応力履歴を与えるのに有効な手法の一つであることを示していると言える。

— 参考文献 —

(1) 岩本、平間、木村：“起振機によって生ずる飽和砂地盤振動からのS波の分離について”，第21回土質工学研究発表会

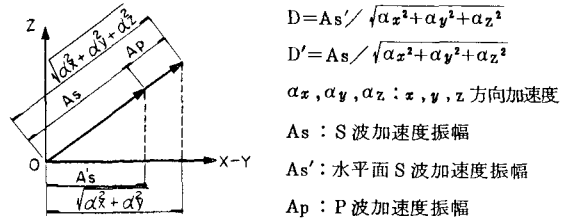


図-5 加速度ベクトル図

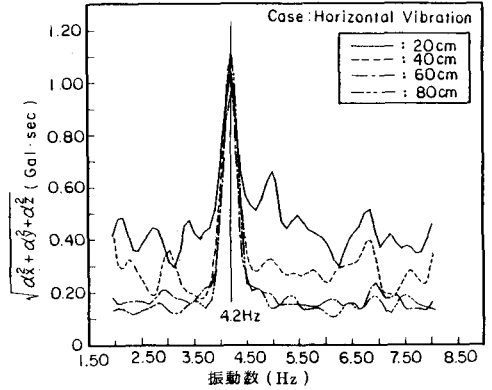


図-6 フーリエ応答スペクトル図

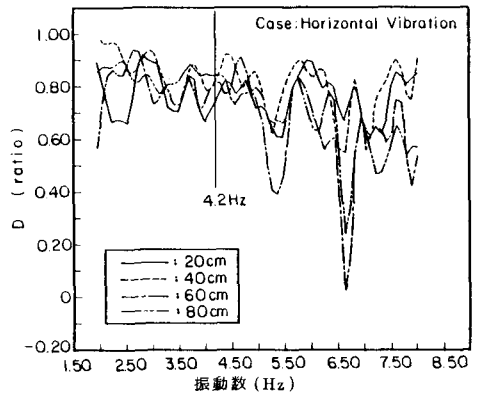


図-7 水平面内S波成分の割合

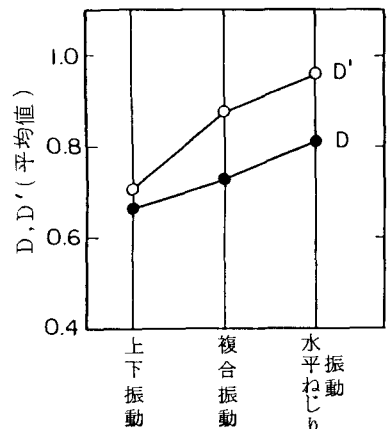


図-8 加振方法によるS波成分の割合