

神戸大学工学部 正員 谷本喜一  
 神戸大学工学部 正員 ○ 野田 耕  
 神戸大学大学院 学生員 花田基樹

## 1. まえがき

自然地盤における土の力学的性質を把握するために、一般には試料採取ののち静的あるいは動的破壊強度や変位などの測定・解析を行なっているが、原地盤における力学的特性と直接把握することも非常に重要かつ有効なことであると考え、このような観点から、自然地盤内部を伝播する弾性波の速度を測定し、その伝播特性を知ることが有効な方法であると考え、以前から予備的実験を行なっていたが、今回さらに室内実験を実施した。実験の方法としては、人工的に異方性地盤モデルを造り、その内部を伝播する弾性波の特性を調べた。

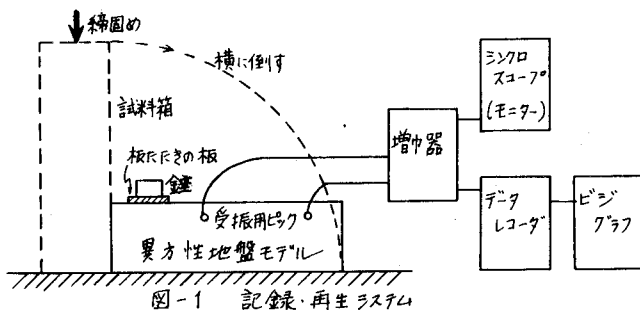
## 2. 実験装置、試料および試験方法

実験装置としては、異方性地盤モデルを造るために、図-1 に示すような装置を作成した。試料箱は鋼製で、その寸法は $120 \times 120 \times 30$  cm である。試料としては、六甲山系の真砂土を使用した。その粒度特性・物理的性質は表-1 に示したものである。異方性地盤モデルは、まず試料箱を縦長に立てた状態で鉛直方向に締固めを行なったのち、フタをして横に倒し、上になった側板をはずすことによって、水平方向に締固められた異方性地盤を造る。試験としては、密度を変える異方性地盤モデルについて、それぞれ弾性波速度の測定と簡易せん断試験を実施した。

### (1) 弾性波速度の測定

弾性波試験における振源としては、荷重を載せた板をハンマーで打撃する板たたき法を採用した。打撃強度は、受振用ピックアップまでの距離が短いことと試料箱の共振を防ぐためにあまり強くないものを採用した。

受振用ピックアップの配置および記録・再生システムの概略は図-1 に模式的に示しておいた。弾性波速度の測定は、締固め方向と、それに直角方向の2方向について実施された。板たたきの方向としては、図-2 に示したように右側と左側の両方から行なって記録を採った。受振用ピックアップは、図中に示したように、約



50 cm の間隔をおいて、深さ約7 cm に埋設され、測定素子は、S波測定の場合は弾性波の伝播方向と直角方向に向けて埋設し、P波測定の場合は弾性波の伝播方向に向けて埋設された。

### (2) 簡易せん断試験

試料箱中に造られた異方性地盤に対して、前述の弾性波試験のうち、以前試作しておいた簡易せん断試験器<sup>2)</sup>によるせん断試験を実施した。この試験器は、直径10 cm、高さ4 cm余の円筒型せん断箱を地盤内に押し込み、上面を成形したのち、所定の上載荷重をかけて、 $1 \text{ mm/min}$  の速度でせん断するものである。せん断試験は、弾性波試験と同じ2方向について実施した。

表-1 物理的性質

|                              |                        |
|------------------------------|------------------------|
| 比重 $G_r$                     | 2.64                   |
| 最大粒径 $D_{\max}$              | 19.7 mm                |
| 60%径 $D_{60}$                | 1.6 mm                 |
| 有効径 $D_{10}$                 | 0.3 mm                 |
| 均等係数 $U_c$                   | 5.33                   |
| 最適含水比 $w_{\text{opt}}$       | 12.2 %                 |
| 最大乾燥密度 $\gamma_{\text{max}}$ | 1.92 g/cm <sup>3</sup> |
| 液性限界 $w_L$                   | 19.8 %                 |
| 塑性限界 $w_P$                   | N.P.                   |

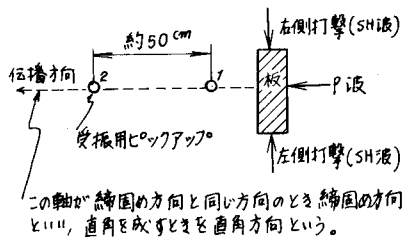


図-2 弾性波試験の方向(断面図)

### 3. 実験結果および考察

弾性波記録の読みとりは、左右からの打撃による記録の時間軸を同調させて重ね合わせて、P波とS波を分離する方法を採用した。この手法によるとP波とS波は明確に分離でき、読みとりの個人差は極めて小さくなる。

結果をまとめたのが表-2である。これから内部摩擦係数と乾燥密度の関係を図示したのが図-3であるが、これによると、乾燥密度の増加とともに内部摩擦係数も増加していくが、試験方向による内部摩擦係数の差はだんだん小さくなっていくことが解かる。つぎに、図-4はS波速度と内部摩擦係数の関係を示したものであるが、このときの内部摩擦係数は、波の伝播方向

のものを採用してある。この場合、内部摩擦係数が増加すると同密度ではS波速度が減少し、密度が変わるとS波速度が増加するという矛盾が生じる。そこでS波については、伝播方向ではなく変位の方向である直角方向の内部摩擦係数との関係として図示したのが図-5である。P波については、伝播方向の内部摩擦係数との関係として図-5中に併記した。

#### 4. あとがき

以上のことから、弾性波の伝播特性は、伝播方向ではなく、弾性波動の変位の方向の力学的特性に関係あるものと思われる。弾性波速度は前述のような差異はあるが、S波・P波ともに内部摩擦係数と正の相関関係を成していることが明らかになった。また、本研究における弾性波速度の測定は、かなり短い距離で実施したにもかかわらず、ますますの精度を得ることができたことは、今後さらに種々の土質や締固め方法についても測定を実施する上での大きな収穫であった。

#### 参考文献

- 1) 谷本・野田・野口・不動：砂の力学的性質測定のための簡易原位置試験
- 2) 谷本・野田・野口：砂層の異方性に関する基礎的研究

表-2 試験結果 \* $V_p, V_s$ は10回測定の平均値を示した。

|                     | Test-1 |       | Test-2 |       | Test-3 |       | Test-4 |       | Test-5 |       |
|---------------------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| 湿潤密度 $\gamma_w(\%)$ | 2.02   |       | 1.96   |       | 1.87   |       | 1.50   |       | 1.23   |       |
| 乾燥密度 $\gamma_d(\%)$ | 1.84   |       | 1.76   |       | 1.70   |       | 1.39   |       | 1.13   |       |
| 含水比 $w(\%)$         | 9.6    |       | 11.3   |       | 10.3   |       | 8.0    |       | 8.5    |       |
| 試験の方向               | 締固め方向  | 直角方向  | 締固め方向  | 直角方向  | 締固め方向  | 直角方向  | 締固め方向  | 直角方向  | 締固め方向  | 直角方向  |
| 内部摩擦角 $\phi$ (度)    | 39.1   | 38.5  | 38.3   | 37.1  | 37.9   | 36.4  | 35.5   | 33.3  | 33.5   | 31.0  |
| 内部摩擦係数 $\tan\phi$   | 0.813  | 0.796 | 0.789  | 0.756 | 0.778  | 0.737 | 0.713  | 0.657 | 0.662  | 0.601 |
| P波速度 $V_p$ (%/sec)  | 256.2  | 222.6 | 226.5  | 176.0 | 213.6  | 169.0 | 180.4  | 165.8 | 160.0  | 140.4 |
| S波速度 $V_s$ (%/sec)  | 120.2  | 124.1 | 93.2   | 94.5  | 82.8   | 90.3  | 76.5   | 84.5  | 68.4   | 71.0  |

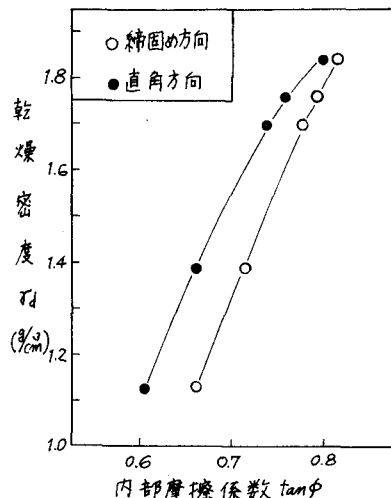


図-3  $\gamma_d$ と $\tan\phi$ の関係

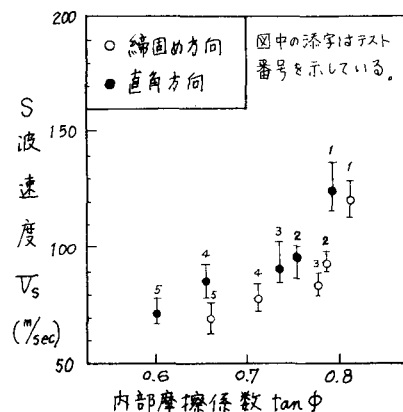


図-4 S波速度と伝播方向の $\tan\phi$ との関係

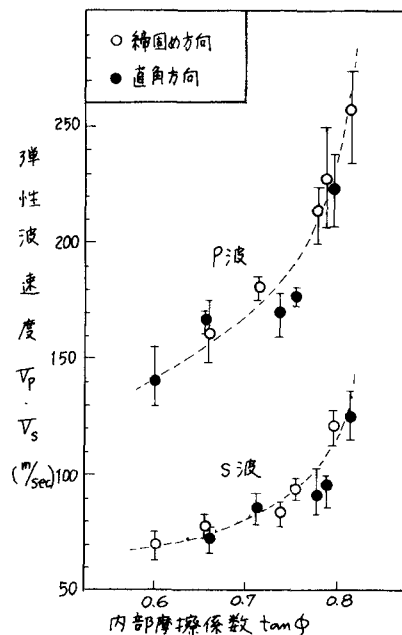


図-5  $V_p, V_s$ と $\tan\phi$ の関係

第9回土木工学研究発表会 昭和49年6月  
土木学会関西支部講演会 昭和49年5月