

まえがき

室内試験による微小ひずみレベルのせん断弾性係数 G_{max} と原位置弾性波速度から求めたせん断弾性係数 G_f を比較した場合、砂・粘性土では供試体の乱れが不可避であるために G_{max} は G_f よりも小さくなると考えられており、Kokusho¹⁾ は G_f が大きいほどこの傾向が強くなると報告している。一致しない要因については、龍岡ら²⁾ は室内試験が問題点の大部分を占めることを指摘している。そこで、本報告は2つのロックフィルダムの原石山から室内に搬入したロック材料について、大型の繰返し三軸試験によって得られた G_{max} から求めた弾性波速度と本体で実施された原位置弾性探査から得られた弾性波速度との比較検討結果を報告するものである。

1. 室内試験

供試体寸法は、直径30cm・高さ60cmで、試料の粒度分布は実ダムの粒度に相似となるようにしている。供試体は、試料を6層に分け電気ハンマーで締固めている。試験は、試料を拘束圧1.0kgf/cm²で等方圧密し、圧密終了後、軸圧に0.2 Hzの繰返し応力を与えた。繰返し応力レベルを徐々に大きくしていき、せん断ひずみが10⁻³近くに達したなら次の拘束圧段階へと進む。ひずみは測定長さ5mmの非接触型変位計により、応力は20tfの荷重計により計測し、せん断ひずみと G_{max} はボアソン比を介して軸ひずみおよび弾性係数から求めた。MダムとSダムロック材料の G_{max} と平均主応力 σ_m の関係は次式となる。(図-1参照)

$$\left. \begin{aligned} (M\text{ダム}) \quad G_{max} &= 558 \frac{(2.17-e)^2}{1+e} (\sigma'_m)^{0.88} \\ (S\text{ダム}) \quad G_{max} &= 947' \frac{(2.17-e)^2}{1+e} (\sigma'_m)^{0.62} \end{aligned} \right\} \dots(1)$$

e は間隙比でフィルダムの変形を二次元と仮定し堤軸方向のひずみを0とすれば σ'_m は(2)式を介することにより深さ D (m) の位置の応力状態を再現しているとした。

$$\sigma'_m = \frac{1}{3} (1+\nu)(1+K) \gamma_t \cdot D \quad \dots(2)$$

ここで、 ν : ボアソン比(=0.35)、 K : 主応力比、 γ_t : 湿潤単位体積重量 (Mダム; 2.1tf/m³, Sダム; 2.3tf/m³)。また、せん断波速度 V_s は次式により G_{max} から算出した。

$$V_s = \sqrt{\frac{g}{\gamma_t} G_{max}} \quad \dots(3)$$

ここで、 g ; 重力加速度 (9.8m/sec²)。

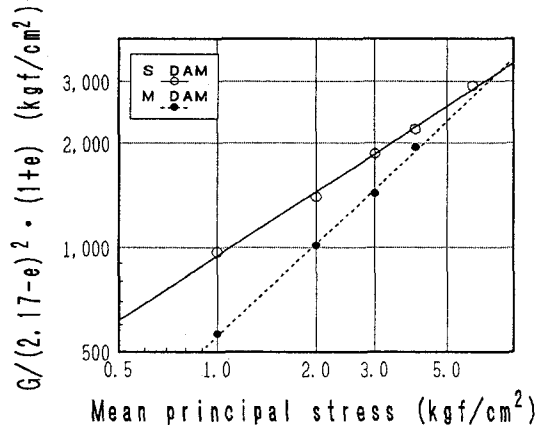


図-1 せん断弾性係数と平均主応力

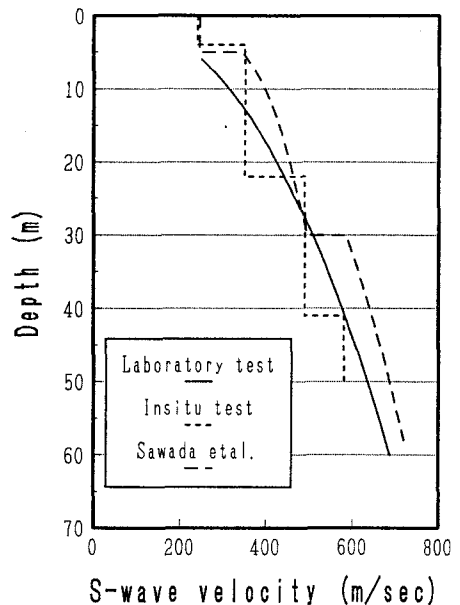


図-2 深度別せん断波速度 (Mダム)

2. 原位置の弾性波探査

Mダムは、高さ95mの中央コア型ロックフィルダムで、探査は層別沈下計の計測孔を利用し測線に沿った小発破を行い、受信点間隔は2.5mである。この結果得られた震度別の堤体内速度分布を図-2に示す。上流側は貯水があるために、 V_s の分布が得られていない。同図には、沢田ら³⁾によるわが国のロックフィルダムにおける V_s の平均値が示してあるが、Mダムの V_s は沢田による平均的な値より僅かに小さい。また、室内の三軸試験結果も示しており、弾性波探査と一致している。なお、 ν は深度によらず0.35であった。

Sダムも、高さ93mの中央コア型ロックフィルダムで、探査は堤体上下流斜面に深さ方向に観測孔を設け、観測孔に隣接して設置した厚板を強打する板叩き法によって弾性波速度を求めている。計測は盛り立ての進行にともない4回実施している。堤体下流斜面の3回目と4回目の深度別の V_s を図-3に示すが、4回目は盛り立て完了後であり3回目比べて堤体中央部の盛り立てが進行している分 V_s が大きく表れている。これらは、深度の浅いところでは沢田らの値よりも大きくなっている。同図には、繰返し三軸試験の結果も示してあるが(実線)、深いところで原位置の探査結果にほぼ一致している。ところで、堤体内は異方応力状態であることを考慮し、図-4に示すように主応力比2.0の G_{max} を用いると、

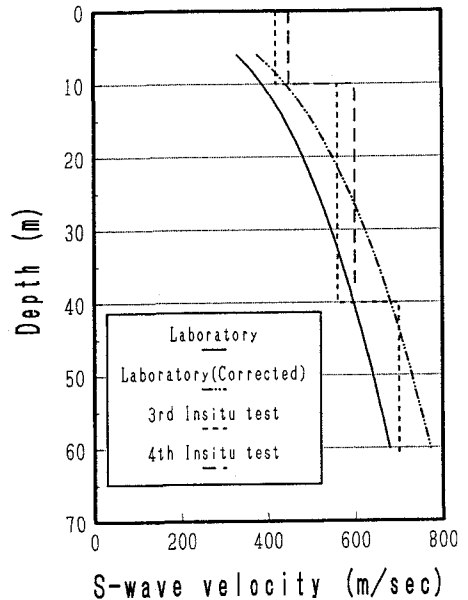


図-3 深度別せん断波速度(Sダム)

図-3の二点鎖線で示した曲線となり、1.7割程度上まわる。ただし、図-4は、繰返し三軸試験によって求めたものである。また、Sダムのポアソン比は、0.27~0.35の分布で深いほど大きい。

あとがき

以上のことから、ロックフィルダムにおいては、原位置の弾性探査から求められた V_s と室内試験から求められた V_s とがほぼ一致することが確認された。これは、元来ロックフィルダムが重機等により人為的に施工されるものであり、再構成試料を用いる室内試験では供試体作製時の条件が原位置とかなり近い状況になっており、このことが両者の結果が一致した一因と考えられる。しかしながら、実ダムの堤体内は単純せん断応力状態であり、 V_s の伝播の仕方とも考慮すると、今後ねじりせん断試験等による検討が必要である。

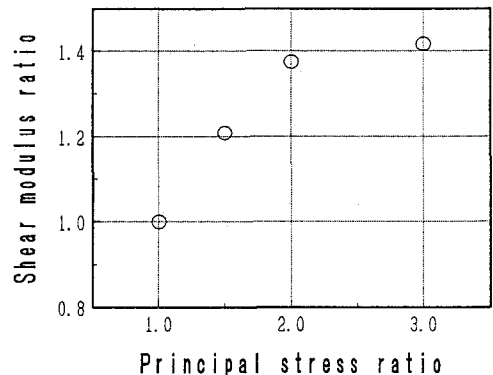


図-4 せん断弾性係数の主応力比の影響

参考文献

- 1) Kokusho, T.: In-situ dynamic soil properties and their evaluations, The state-of-the-Art Paper, Proc. of the 8th ARC, SMFE, vol.2, pp.215-pp.240, 2) 龍岡文夫、渋谷啓: 三軸試験と原位置試験法との関連(変形特性について)、三軸試験法に関するシンポジウム、土質工学会、1991, 3) 沢田義博ら: ロックフィルダムの物性値分布特性および堤体の動的特性、電力中央研究所報告、No.377008, 1978, 4) 松本徳久、安田成夫、大久保雅彦: 粗粒材料の動的剛性率、減衰比及びポアソン比、土木技術資料、vol.28, No.7, 1986,