

電力中央研究所

○澤田義博

高橋 忠

関西電力株式会社

原田次夫

§1. まえがき

筆者等は、以前に、ロックフィルダムの地震時挙動を解明するために行った一連の現場実験の一つとして、高さ90 mの中心コア型のダムについて、弾性波動を用いてダムの内部物性を評価することを試み、堤体の弾性波速度分布について興味ある結果を得た。さらに、これから得られるダムの内部構造モデルに基づく理論計算の結果は、起振実験、常時微動観測及び自然地震観測によるダムの動的測定値を比較的長く説明することが示され、^{(1),(2)} こうした弾性波動による方法がダムの内部物性を知るうえで有効な手段であると考えられる。

しかし、フィルタイプダムに關するこの種の資料は非常に不足しており、又、ダムの弾性波速度分布を支配すると見られる築堤材料の沈下、圧密、含水比等の諸要因と弾性波速度との関係もまだ明らかではない。

そこで、今回、上述のダムについてさらに詳しい速度分布を測定するとともに、ダムの築堤過程における速度の変化を調べるために、築堤中のダムについて逐次速度分布を測定し、速度変化と上載荷重、含水比による影響などについて検討した。

§2. ダムの諸元、測定方法

測定を実施したダムは、高さ約90 m (Aダム)と120 m (Bダム)の二つのダムでいずれも中心コア型のロックフィルダムである。(図-1) このうちBダムは築堤段階に応じて数回の測定を行った。

速度分布の測定方法は、ダムの形状、埋設地震計、監査廊の有無などによって種々考えられるが、ダムの深部まで速度分布を詳しく測定するには、コアやロック部に埋設される相対沈下計測用パイプを利用する方法が最も有効である。これは地表震源より下方に伝播する振動を孔中に下した地震計で測定する方法で、得

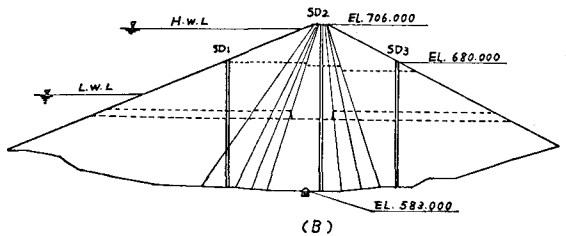
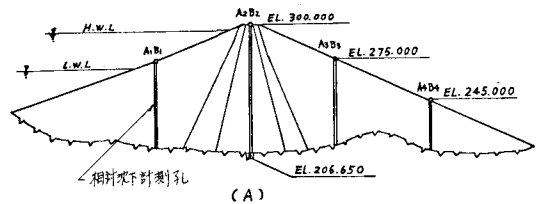
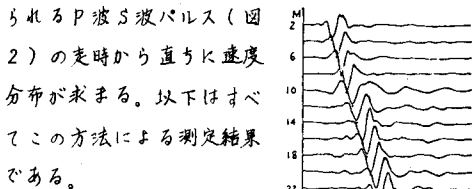


図-1 ダム断面図 (A, Bダム)



§3. Aダムの速度分布

Aダムでは蓄水終了より一年後と二年後の二回測定を行ったが、コアの極く上部で速度の増加がみられた以外、ほぼ同じ結果がえられた。コア部及び上下流口

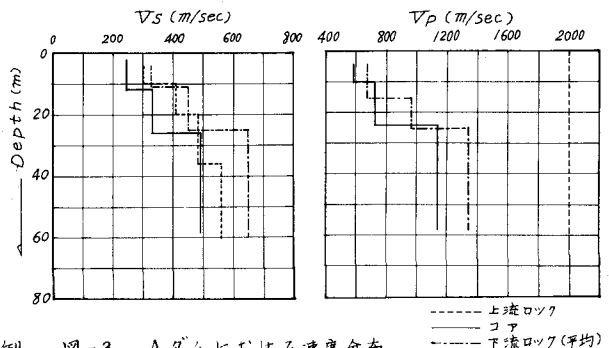


図-2 S波パルスの波形例

図-3 Aダムにおける速度分布

ック部のS波速度はダム表面から深部に従って急激に増大し(図-3), 概してコア, 上流ロック, 下流ロックの順に大きな速度値を示す。上流ロックでの値が下流ロックより低下しているのは飽水による影響と考えられ, 低下の割合は10~15%である。弾性波速度分布から得られるポアッソン比ヤング率を図-4に示す。下流ロックのポアッソン比はほぼ0.35であるが上流ロックは0.5に近い。これは飽和によって上流ロックのP波

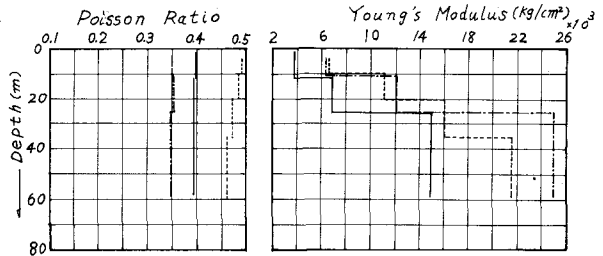


図-4 Aダムのポアッソン比, ヤング率分布

速度が非常に速い値を示すことによる。ヤング率はダム深部で15000~25000であり、ほぼ風化砂岩, 泥岩の示す値に近い。

§4. Bダムの速度分布(築堤による変化)

図-1の矢線で示す築堤高において数回の測定を行った。堤体のS波速度は築堤の進行に従って著しく増加し, 深部では800 m/sec以上の値が得られた(図-5)。

上流ロック(SD1)と下流ロック(SD2)

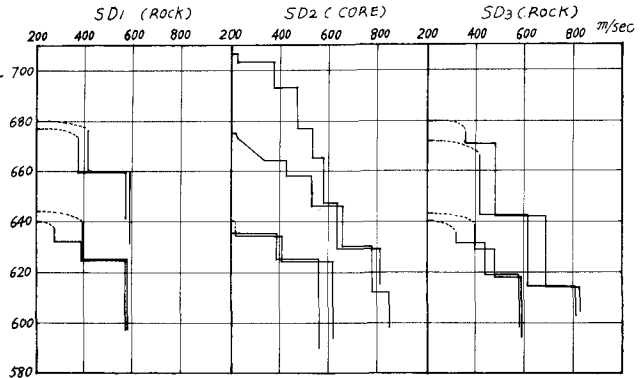


図-5 築堤過程におけるS波速度の変化

では速度分布が少し異なるが, 上載高の増加による速度変化の形は各々の速度分布とほぼ相似形になっており, 堤体の速度と上載荷重との間にはある一定の比例関係がみられる。コアでは, EL. 675mとEL. 640mの測定では速度分布は相似形であるが, EL. 706mの測定結果では深部での速度の増加があまり認められない。この辺にコアのS波速度の限界があるのかも知れないがコアの内部応力状態と対比してさらに詳しい考察が必要であろう。A, Bダムのコアの速度を比べてみると(図-6)Aダムの値が総じて小さい。コア材の違い, 観測方法の差も考えられるが, やはり飽和による影響であろう。なお, ロック部では両ダムの速度分布値は大体同じ値を示している。

§5. 速度と上載荷重の関係

S波走時を $T = AZ^B$ (T : 走時, Z : 深度) とおくと, ある深度におけるS波速度は $V_s = (AB)^{1/B} Z^{1-B} = \alpha Z^B$ と表わされる。この方法で得られる速度分布は一般に図-7に示すごとく係数 B (又は α)が, 深度20~30mで変化し, この境界以浅では $B \approx 0.01 \sim 0.18$, 境界以深では場所により異なるが, ロック部; $V_s = (190 \sim 220) Z^{0.29 \sim 0.33}$, コア部; $V_s = 175 Z^{0.36 \sim 0.37}$ (Bダムの一部で $V_s = 205 Z^{0.28}$) となった。一方, 砂質などによる室内実験の結果では $V \propto \sigma^{1/4}$ (0.5 拘束圧) が知られており, 境界以深での B は室内実験値に近い値を示している。しかし, 応力のとり方及びレベルの違い, 粒径の問題等さらに今後室内実験と比較検討する必要がある。

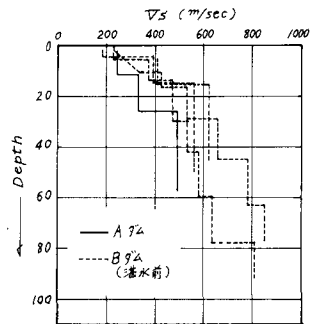


図-6 コア部の速度分布

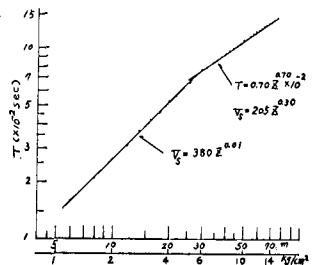


図-7 S波の走時図

- (1) 高橋, 沢田, 国生他 "ロックフィルダムの地震時の挙動について" 第12回地震工学研究発表会 1972.7
- (2) 沢田, 高橋, 国生 "ロックフィルダムの弾性波速度分布と地震時挙動について" 第9回災害科学シンポジウム論文集 1972.10
- (3) 例えば, Hardin, B.O. and Richart, F.B. "Elastic Wave Velocities in Granular Soil" Proc. A.S.C.E., SM1, 1963