

ロックフィルダムのせん断弾性波速度の深度依存性に関する既往計測データによる経年変化の分析

電力中央研究所 岡本敏郎

1.はじめに

ロックフィルダムの地震応答解析の際、各ゾーンの微小ひずみ時の変形係数として澤田ら（1977）¹⁾による弾性波速度モデル（以下澤田式）を用いて評価することが多い。澤田式の元となるデータは5つのダムでの計測結果であり、その後弾性波速度がいくつかのダムで実施されているので、澤田式と比較検討し、弾性波速度データの分布を把握する必要がある。弾性波速度測定はダムの施工・維持管理にも利用できる。すなわち、施工により十分な剛性が確保されていること、経時的な剛性変化の計測によりダムの安定度を確認できることである。また地震が起きたときの応答の確認やバックチェックなど耐震性のチェックのための基本的入力物性となる。以上のことから、ロックフィルダムでの弾性波速度測定の現状を把握し、回帰分析を行って澤田式との比較を行ってきた^{2) 3) 4)}。今回はさらに、10年以上経過したときのこれら弾性波速度の変化に関する既往データについて調べる。

2.調査の方法

調査ゾーンは、コア部とロック部を対象とする。弾性波速度測定の方法としては、基本的にPS検層と堤体表面で測定する弾性波速度測定があり、どちらも調査の対象としたが、最近ではPS検層が多い。観測時点は完成直後とその後10年以上を今回は対象とした。収集した速度値を上記のようにし、速度の深度分布に関して統計処理を行い、平均的関係を求める。またコア部と上流ロック部については、湛水前後として不飽和／飽和に区分する。

澤田式の基礎となったデータは¹⁾、喜撰山、多々良木、下小鳥、新冠、岩屋ダムである。これに対し今回追加できたデータは、11ダムである。経年変化が測定されたのはこれらのうち、喜撰山⁵⁾、下小鳥⁵⁾、H133 m⁶⁾のダムの3つであり、13～15年経過した時点での計測結果である。

3. Vs と v に関する深度方向の回帰関係および澤田式との比較^{2) 3) 4)}

S波速度 V_s に関する深度依存性を最小二乗法により求めるには、回帰式を次のべき関数と双曲線とした。 $V_s = \alpha(z/z_0)^\beta$ (1) $V_s = a + b(z/z_0)/(z/z_0 + c)$ (2) ここで、 z : 深さ (m)、 z_0 : 単位深さ (1m)、 $\alpha \cdot \beta \cdot a \cdot b \cdot c$: 定数これらの結果は図1～3に示してあり、分散については前報⁴⁾を参照されたい。 V_s に関して回帰式と澤田式との差は小さく、平均的には澤田式が妥当であることを確認した。また、澤田式は深度に関して階段上の V_s 分布となっていることがあるのに対し、特に浅部での整合性が高くなるように配慮して、深度に対し滑らかな分布を示す双曲線を中心とした回帰式を提示した^{2) 3) 4)}。

4. Vs の経年変化

3.の結果を元に V_s の経年変化を調べてみよう。測定した例は3つしかない。図4～6と7～9に、コアと下流ロックに関し、それぞれ完成直後と13～15年経年後の V_s を示した。回帰曲線はべき関数と双曲線としたが、双曲線はほとんど直線に近い。しかし直線回帰では、浅部での乖離が大きいので、深さ10m以下と10m以上に分けてそれぞれ直線回帰し、深さ10mで連続となるように、深さ10mでの回帰式の平均値を通して再度10m以下と10m以上とで直線回帰した。

コアの V_s に関しては、完成直後から13～15年ほど経過すると増加がみら

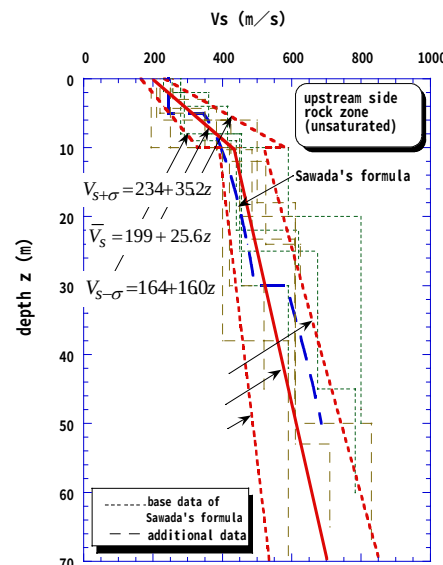


図1 上流ロックに関する完成直後の V_s の深度依存性 (直線回帰)^{2) 3) 4)}

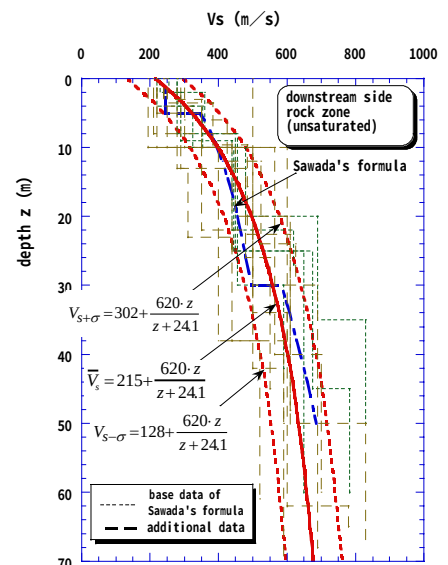


図2 下流ロックに関する完成直後の V_s の深度依存性 (双曲線回帰)^{2) 3) 4)}

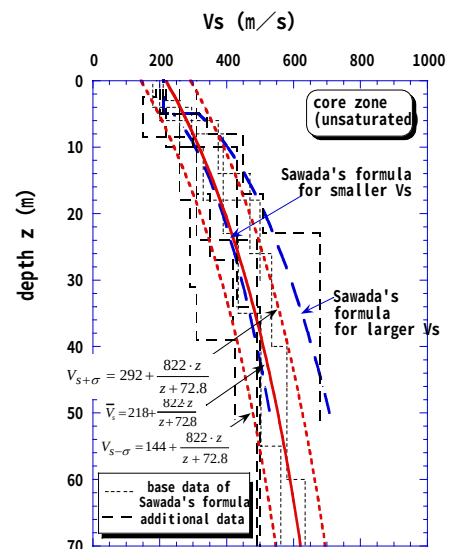


図3 コアに関する完成直後の V_s の深度依存性 (双曲線関数回帰)²⁾

^{3) 4)}

れ、特に 20m以浅で増加が大きく浅いほど増加が大きい。完成直後の3つダムのコアのVsの平均的深度依存性は、前述の建設直後での調査対象すべての平均とほぼ同じである。いずれのダムのコアも薄層転圧されているので、転圧時の密度よりも他の材料特性に依存していると考えられる。また、コアは湛水により不飽和と飽和を繰返し、細粒分 10~30%もあることから二次圧密変形も考えられる。このため経年的にVsが増大していると考えてよいと思われる。

下流ロックについても、13~15年ほど経過するとコアと同様にVsの増加がみられ、20m以浅で増加が著しく浅いほど増加が大き

い。ここで対象となる3つのダムの完成直後の下流ロックのVsの平均的深度依存性は、前述の建設直後での調査対象すべての平均とほぼ同じである。詳細にみると、Vsの増加が著しい場合もそうでない場合もある。また、3つのダムが築造された1974年当時はロック材料の転圧は十分でなく、ダンプのみであることがあった（岡本：2001⁷⁾）。このため、転圧方法によりもともと密度が小さいために、経年的にVsが増大したことも考えられる。

5. 結論

深度に対し滑らかな双曲線型回帰式を提案したが、Vsの深度依存性に関してはばらつきが大き

いものの、経時変化の影響を直線回帰により検討するとその影響が見られ、特に 20以浅で浅いほど大きいことを示した。

参考文献

- 1) 澤田・高橋・桜井・矢島 (1977) : 電力中央研究所研究報告 377008, 2) フィルダム研究会 (2002) : 電力中央研究所調査報告 U01036, 3) 岡本 (2002) : 第11回日本地震工学シンポ, 4) 岡本 (2003) : 第38回地盤工学研究発表会, 5) 近藤信昭 (1990) : 学位論文, 6) 田中・会田・山田・柚木・和田 (1988) : 第23回地盤工学研究発表会 pp.989-990, 7) 岡本 (2001) : 第46回地盤工学シンポ

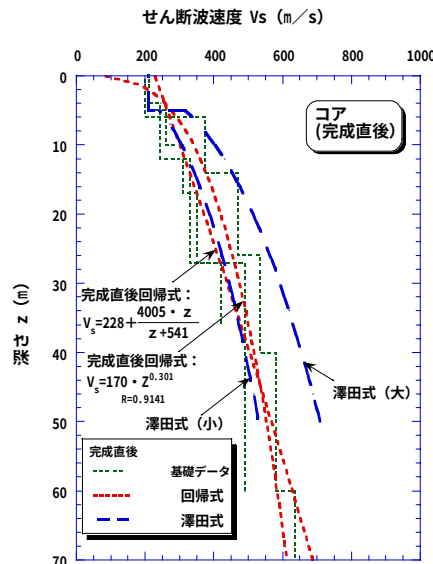


図4 3ダムのコアに関する完成直後のVs (双曲線とべき関数回帰)

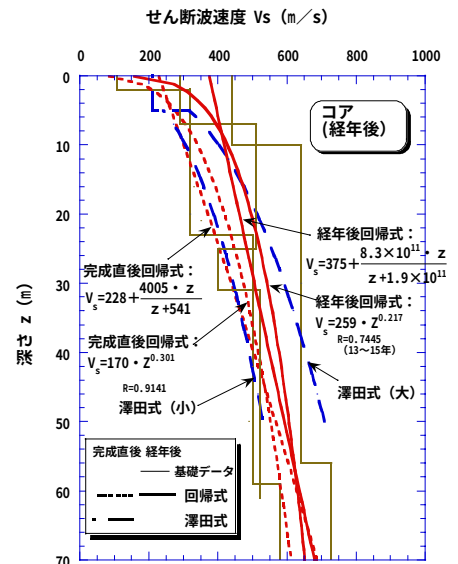


図5 3ダムのコアに関する経年後のVs (双曲線とべき関数回帰)

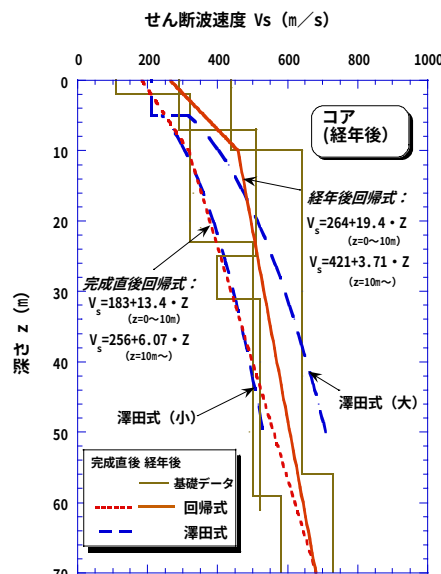


図6 3ダムのコアに関する経年後のVs (直線回帰)

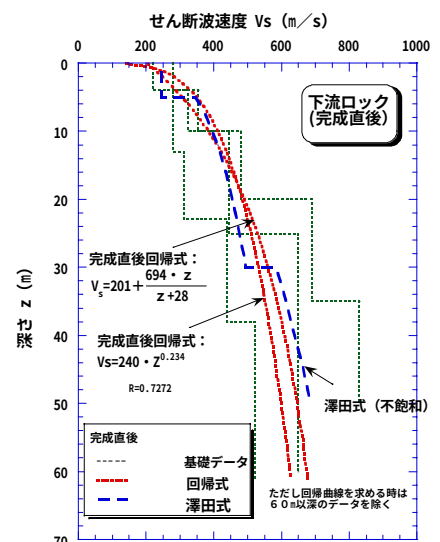


図7 3ダムの下流ロックに関する完成直後のVs (双曲線とべき関数回帰)

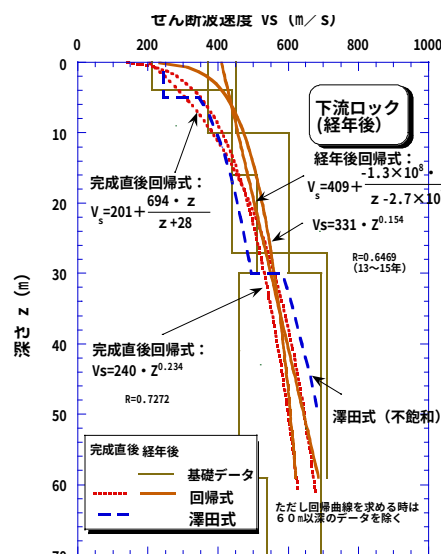


図8 3ダムの下流ロックに関する経年後のVs (双曲線とべき関数回帰)

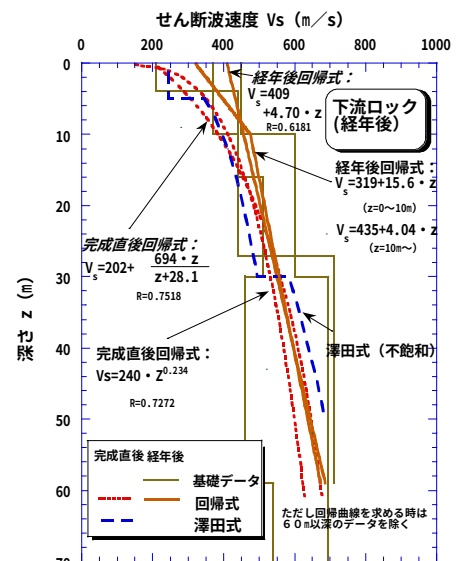


図9 3ダムの下流ロックに関する経年後のVs (直線回帰)