

Ⅲ-B 348 回帰分析によるロックフィルダムの地震時変形量・加速度・継続時間の関係

電力中央研究所 正 岡本敏郎

1. はじめに フィルダムの中でもロックフィルダムの耐震性は非常に高いといわれてきたが、機能からみた設計を考える上で地震時の実測変形量を評価していくことが必要である。実測変形量を分析した結果では、地震のマグニチュードと、建設時の締固め等の施工方法と基礎や斜面勾配等の構造などの影響が大きい場合、変形が大きい。このためどちらの要因によるのか明瞭ではなかった（岡本（1999））。そこでさらに詳細な要因分析が必要である。

2. 変形に与える地震・応答特性の評価

(1) ESI による評価

加速度 A 以外の地震特性としては継続時間 D が考えられるが、Bureau et. al. (1985) が提案している継続時間の関係式は我が国では適用されておらず、また $M = 4.5 \sim 5.5$ では精度がよくない。そこで $\log D = 0.31M - 0.774$ （電気協会（1987））を使用する。図1には沈下率 ε_v （天端沈下／ダム高さ）と継続時間の関係を示すが、ややばらつきがあるものの相関関係が読み取れる。

$ESI = AD^2$ による結果を図2に示す。元々対数関係で示されているが、定量的評価がし難いため、図では線形関係として表示してある。これによると、多くのデータがある範囲に集約して分布しており Cogoti ダムのデータが特に大きいこと、Matahina ダムが大きく提案式からかけ離れており下流側の沈下量 10.2cm を使用するとよい相関になることがわかる。

ESI の改良として前記のように継続時間を電気協会の式とし、 $A_b D^2 = A_b \cdot 10^{2 \cdot (0.31M - 0.774)}$ （ A_b ：基礎加速度）を MESI (Modified ESI) として整理したのが図3である。Bureau et. al. (1985) の結果とほとんど差はみられず、ほとんどがマグニチュード 6 以上となっているためである。図4は天端加速度 A_c を用いた結果であるが、後述の勾配や締固めの影響が考慮できていない。

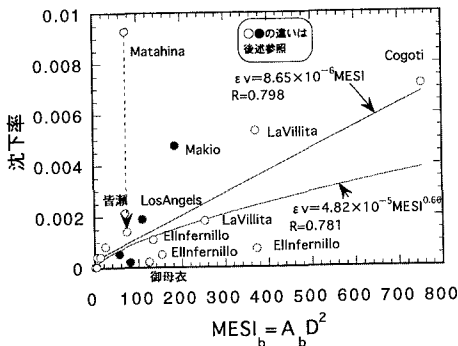


図3 基礎加速度に関する MESI による評価

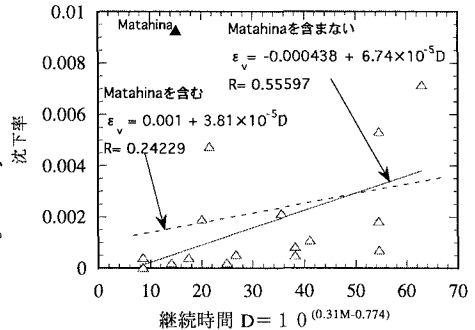


図1 沈下率に与える継続時間の影響

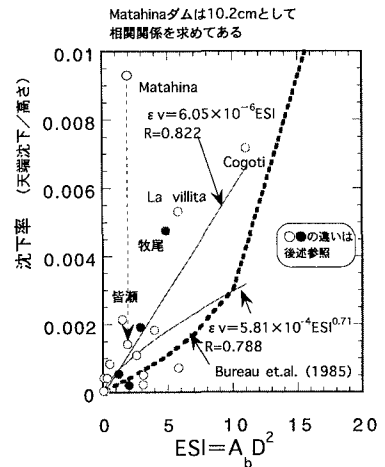


図2 ESI による評価

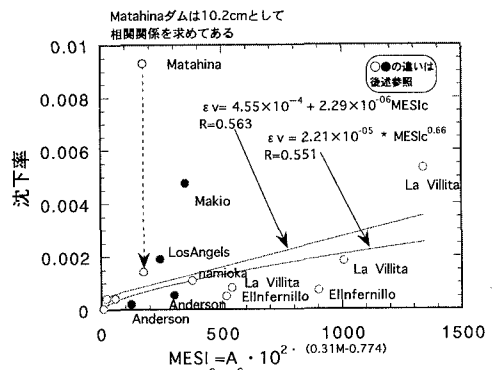


図4 天端加速度に関する MESI による評価

(2) 回帰分析による評価

回帰分析による結果が一般化されるのに必要なデータ数は60以上といわれ、今回は十分な数ではない。このため現時点での限られた評価を行った。まず沈下率は前述の結果から $\epsilon_v = 1 \cdot A^m \cdot D^n$ と表示することができる。ここに A は A_b もしくは A_c であり、 m 、 n は定数である。 D の算出には前述のように電気協会式を使用する。回帰分析結果は以下のようになった。

$$\epsilon_v = 9.24 \times 10^{-7} A_b^{0.68} \cdot D^{1.14}, \quad \epsilon_v = 1.19 \times 10^{-9} A_c^{1.83} \cdot D^{0.84}$$

これによると、基盤加速度を用いたときは加速度と継続時間の指数の大きさは1:2になっており、ESIの評価結果に近いといえる。また天端加速度を用いたときは加速度と継続時間の指数の大きさは2以上の比になっており、加速度の影響が大きい。

3. 回帰分析結果を利用したダム構造などの要因の評価

(1) EIDI指標の導入

回帰分析によって得られた関係は平均的な変形・加速度・継続時間の関係を表示している。そこで、新たに次のような指標 EIDI (Earthquake Induced Deformation Index) を導入することとする。EIDI = $A^m \cdot D^n$ EIDIには基盤と天端加速度の2つに関するものがあり、回帰分析結果によりそれぞれ以下のように定義する。EIDI_b = $A_b^{0.68} D^{1.14}$ 、EIDI_c = $A_c^{1.83} D^{0.84}$ 変形が生じなかった場合も含め全てに関し $A^m \cdot D^n$ を計算し、変形が生じないとして評価する。それ以上のEIDIに関し変形が生じたときの関係を最小二乗法により求め、この線よりも上にあるときは変形増大を引き起こす他の要因が働いている可能性がある。

(2) EIDIによる評価

図5と6には、基盤加速度に関する結果を示した。 $\epsilon_v = 2.12 \times 10^{-6}$ (EIDI_b = 1,000) 図の相関性はやや低い。ダム構造特性や施工の条件として、斜面勾配が1:1.8より緩いこと、締固めが十分であることとすると、これを満足する変形しにくい場合と満足しない変形しやすい場合の差はみられないことがわかる。

図7と8には、同様に天端加速度に関し示した。全体的な相関性は基盤加速度の場合に比べ高くなっている。

$\epsilon_v = 1.67 \times 10^{-9}$ (EIDI_c = 2×10^5) ダム構造特性や施工の条件の影響をみると、斜面勾配が緩かったり締固めが十分でない場合には沈下が大きい様子がみられる。

4. まとめ 以上より、EIDIにより沈下に与える地震特性の影響が把握することができ、特に天端加速度を使用した場合には斜面勾配などのダム構造特性や締固めなどの施工の影響がある程度把握できそうである。

参考文献:

○岡本敏郎(1999): 34回地盤工学研究発表会○Bureau.G.et.al(1985): Seismic analysis of . . . Design, Construction and Performance, ASCE, pp.479-508. ○Newmark,N.M.(1965): Effects of Earthquakes on Dams and Embankments, Rankine Lecture, Geotechnique No.15. ○日本電気協会(1987): 原子力発電所耐震設計技術指針(JEAG4601)

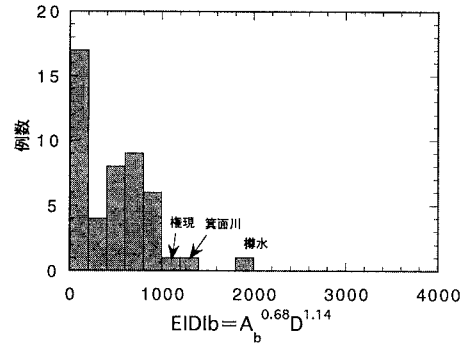


図5 基礎加速度に関する EIDI の頻度分布

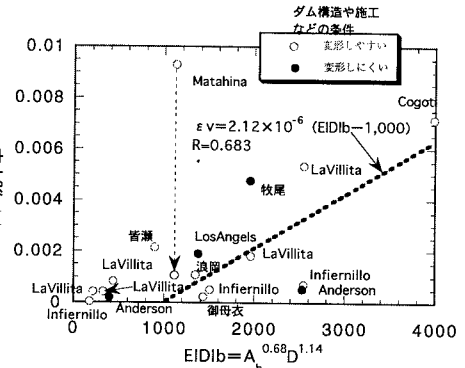


図6 基礎加速度に関する EIDI による評価

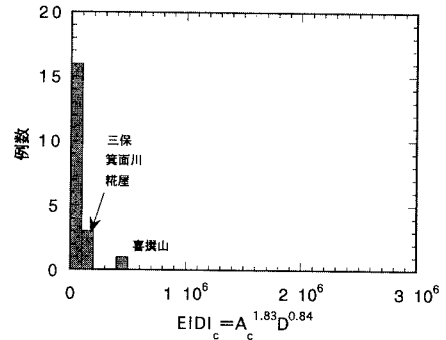


図7 天端加速度に関する EIDI の頻度分布

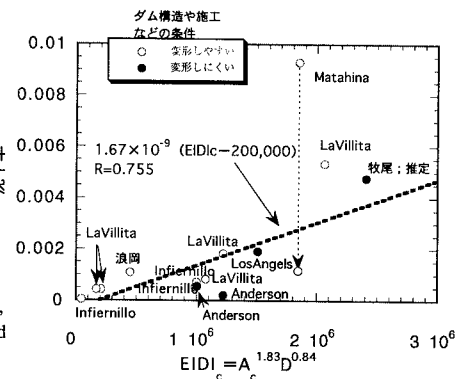


図8 天端加速度に関する EIDI による評価