

2000年鳥取県西部地震時における 賀祥ダムの強震記録について

大町達夫¹・小島直之²

¹正会員 工博 東京工業大学大学院総合理工学研究科教授 人間環境システム専攻
(〒226-8502 横浜市緑区長津田 4259)

²東京工業大学大学院総合理工学研究科 人間環境システム専攻 修士課程
(〒226-8502 横浜市緑区長津田 4259)

2000年10月6日13時30分、鳥取県西部を震源とする鳥取県西部地震(M_J7.3)が発生し、鳥取県西部に位置する賀祥ダムにおいてエレベーターシャフト上部で2000gal以上の非常に強い揺れを記録している。このダムは鳥取県西部から北に向かって流れる法勝寺川(流路延長25km、流域面積121.7km²)をせき止めて造られた多目的ダムで、堤高46.4m、堤頂長174.0m、堤体積86,600m³の重力式コンクリートダムである。本研究では、強震記録を直接積分し、積分された波形に適切な補正を施し直接的に変位や本来の加速度を求める方法を用い、地震時の賀祥ダムの挙動を再現して永久変位を求めた。そして、その妥当性を検討するため、3次元地盤モデルに対して国土地理院発表の断層パラメータを用いて数値シミュレーションを行った。

Key Words : Western Tottori earthquake, dam structure, strong motion, microtremor,

1. はじめに

2000年10月6日13時30分、鳥取県西部を震源とする地震(M_J7.3)が発生し、鳥取県境港市と日野町では震度6強の揺れを記録した。震源の近くには、鳥取県米子市や島根県松江市(それぞれ、地震震源から20km北と30km北西)などの都市があり、全体で100人以上のけが人が出たが、死者は報告されていない。この地震の際、震源近くにあった賀祥ダムでは、強震計がダムの上下に2箇所設置されており、2000gal以上という非常に強い揺れが観測されている。国土地理院の資料によると、この地震を起こした断層は賀祥ダムの極近傍を通過していると考えられる。

賀祥ダムは、鳥取県西伯町にあり、鳥取県西部を北に向かって流れる法勝寺川(流路延長25km、流域面積121.7km²)をせき止めて造られた。本ダムは洪水調整、流水の正常な機能の維持、上水道用水の供給を目的とする多目的ダムで、周りの自然と調和した公園やスポーツ広場などの整備を行うことでダムを訪れる多くの人々に憩いの場を提供している。

本ダムは1984年3月に本体工事を着手し、総事業費123億円を費やして1989年3月に完成した。

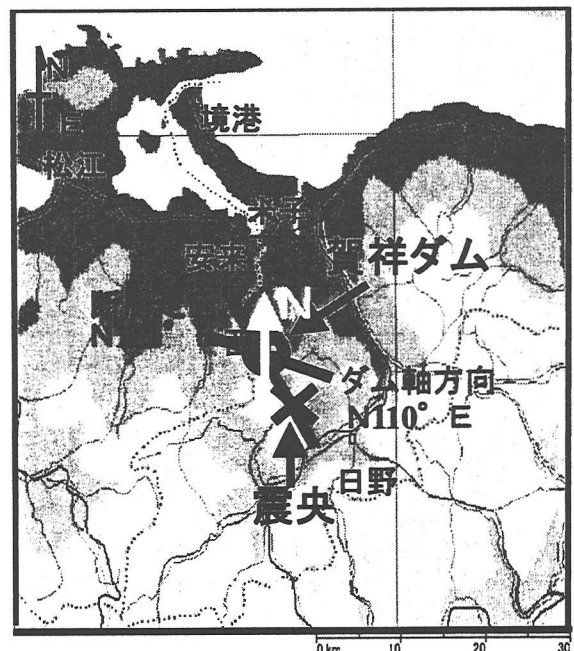


図1 賀祥ダムの位置

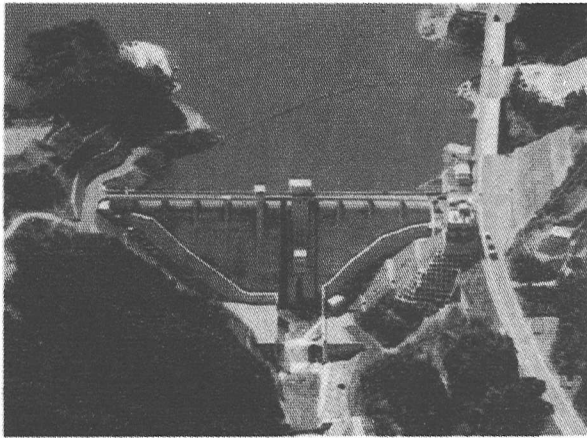


図2 賀祥ダム（賀祥ダムパンフレットより）

2. 観測された強震記録

鳥取県から提供いただいた鳥取県西部地震時の本ダムにおける強震記録を図3,4に示す。（横軸原点は13時30分を示している。）この記録は、上からN-S、E-W、U-Dの各方向における加速度記録である。各方向に記録される最大加速度値を表1に示す。

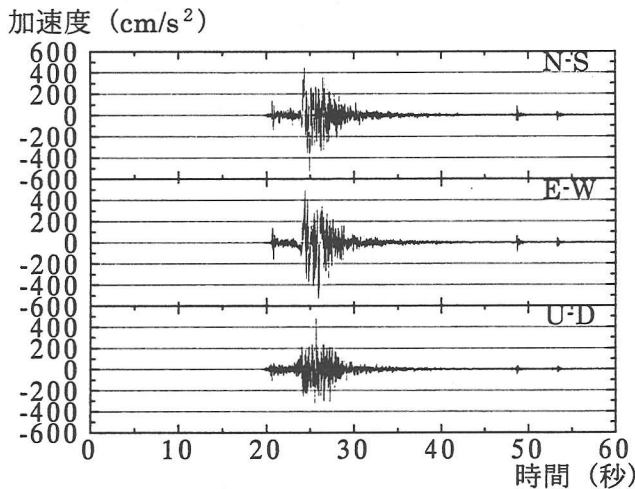


図3 ダム下部で観測された強震記録

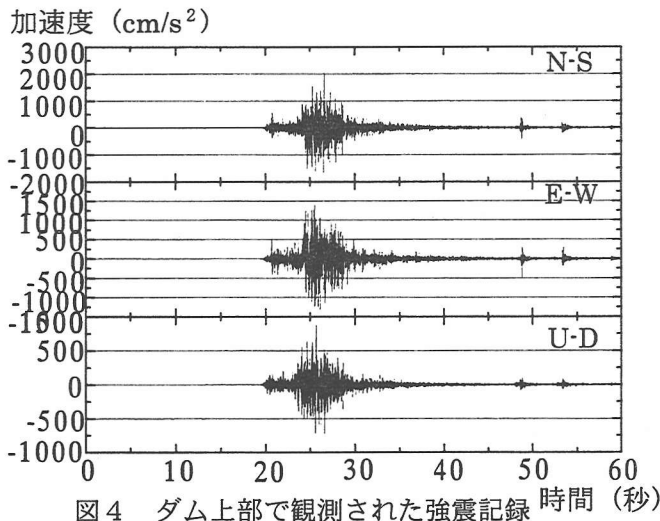


図4 ダム上部で観測された強震記録

表1 各成分の最大加速度値

| | 監査廊（下部） | 天端（上部） |
|-------|-----------|------------|
| N-S方向 | 528.5 gal | 2051.0 gal |
| E-W方向 | 531.1 gal | 1406.2 gal |
| U-D方向 | 485.2 gal | 884.2 gal |

ゆれが始まった13時30分20秒から10.24秒間のデータを用いてそれぞれフーリエ変換を行い、得られたスペクトルから求めたダム上部のダム下部に対する増幅率を図5に示す。これを見ると、水平方向成分はそれぞれ0.1秒以下の短周期で最大10倍程度の増幅率を示すピークが多数ある。このように、ダム上部の記録にはダム以外の振動特性が混入している可能性がある。

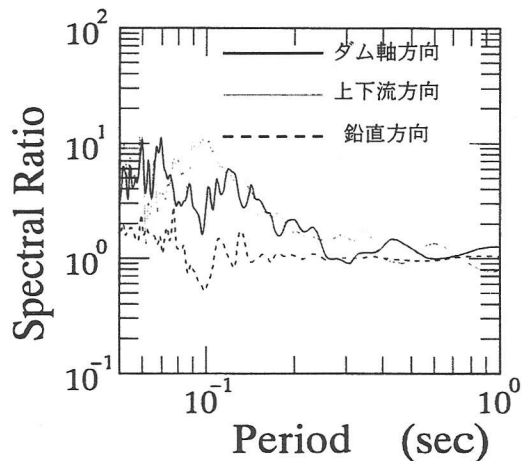


図5 ダム下部に対するダム上部の増幅率（強震記録）

3. 常時微動測定

本震において2051galという非常に大きな加速度が記録されたが、一見してダム本体にはクラックは認められない。

ダムの基本振動特性を調べるために常時微動測定を行った。第1回目の測定は2000年10月27日（金）の11時45分から13時にかけて、一組の3成分センサーを使用し、ダム天端上の10点と、ダム左岸及び右岸、強震計がおかれているエレベータシャフトと監査廊、さらに、本震によりクラックが発生した副ゲート機械室で行った（図6参照）。

ダム天端上の10点の常時微動記録を見る限り特に異常な箇所は見られず、ダム本体には大きなクラックは無いものと推測される。ダム上下の強震計が設置されている所で測定した常時微動記録を用いて、それぞれフーリエ変換を行い、得られたスペクトルのダム上部のダム下部に対する増幅率を図7に示す。

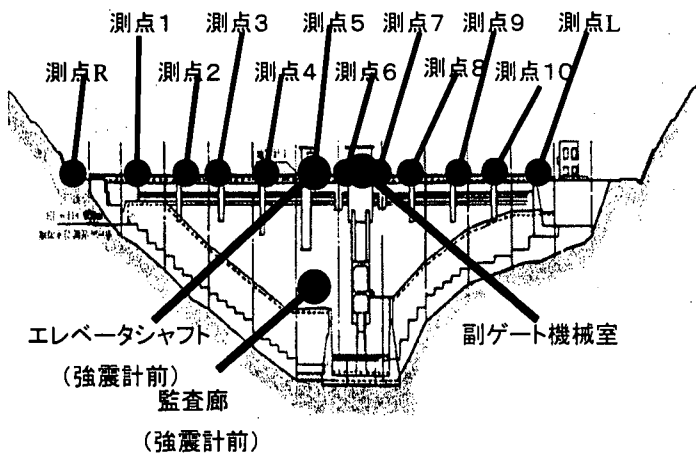


図6 常時微動測定点

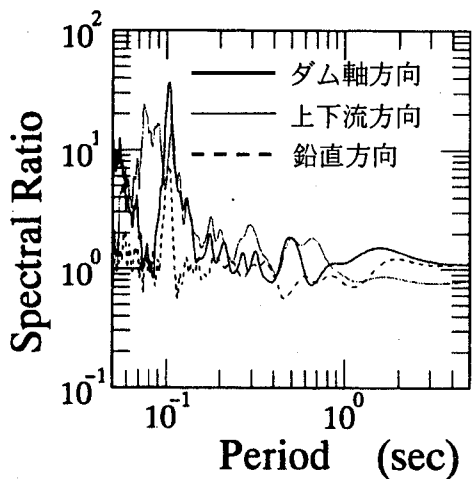


図7 ダム下部に対するダム上部の増幅率 (常時微動記録)

これを見ると、強震記録と同様に短周期で40倍近い増幅率を示している成分もあり、ダム天端上の記録のスペクトルも0.1秒付近で卓越している。このことから、賀祥ダムのダム頂で記録された強震記録にはダム本体の揺れだけでなく橋梁部やエレベータシャフトの振動が混入している可能性が高い。これが2051galという大きな加速度を記録した1つの原因であると考えられる

4. 強震記録による永久変位の解析

前述の加速度強震データを直接積分することで賀祥ダムにおける本震による永久変位を算出した。

強震データは、強い地震動により基線(ゼロ線)がずれてしまう可能性がある。そのため本解析では、一度積分された13時30分0秒から10秒の間と13

時30分35秒から55秒の間の速度データを用い、最小自乗法によって地震前後の基線を求めた。そして、主要動が到達したと思われる時刻から速度データの基線の補正を行った。

図7に監査廊における変位を、図8に天端における変位を表す。図7および図8の縦軸は変位を、横軸原点は13時30分を示す。この記録は、上からN-S、E-W、U-Dの各方向を示す。

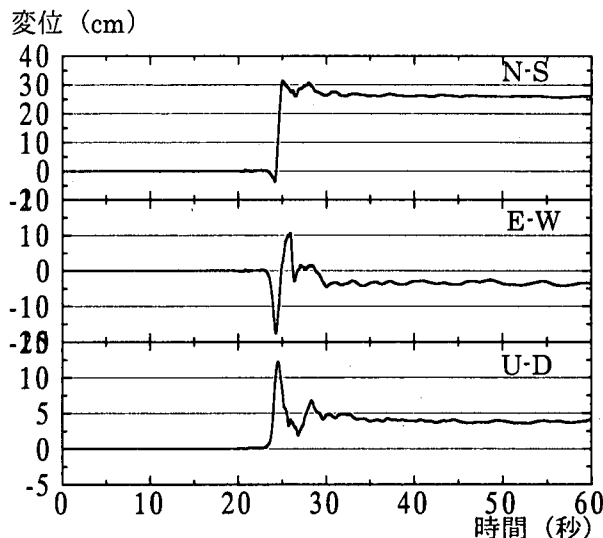


図8 ダム下部の変位

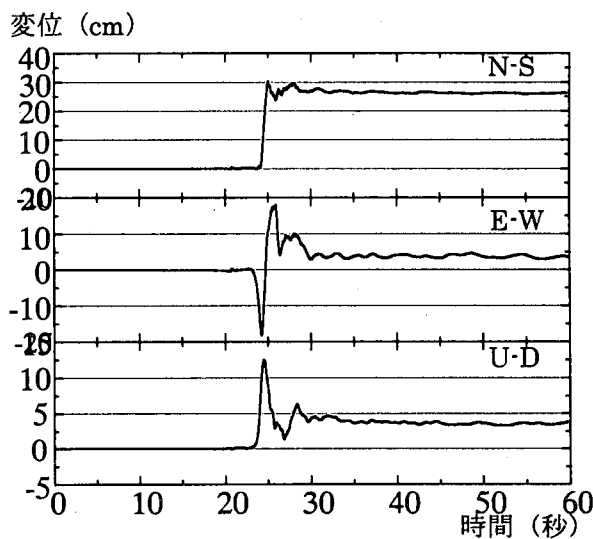
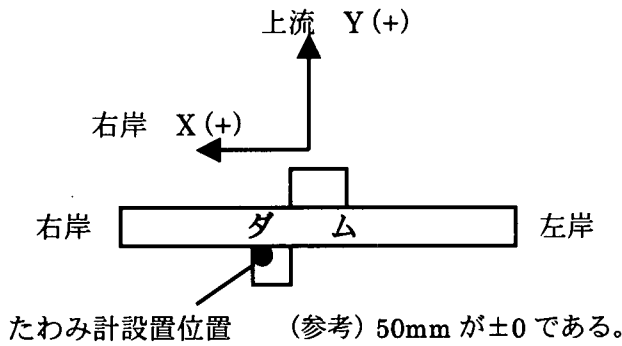


図9 ダム上部の変位

これを見るとダム上部と下部における残留変位はN-S、U-D方向ではほぼ同じであるが、E-W方向は逆方向に約5cmずつ動くという結果になった。しかし、ダムに設置されている下げ振りたわみ計の記録(図10)によれば、わずか2.8mmであった。したがって天端におけるデータの基線修正に問題が残っているものと考えられるので、現在この修正作業を思案中である。



たわみ計の読み (mm)

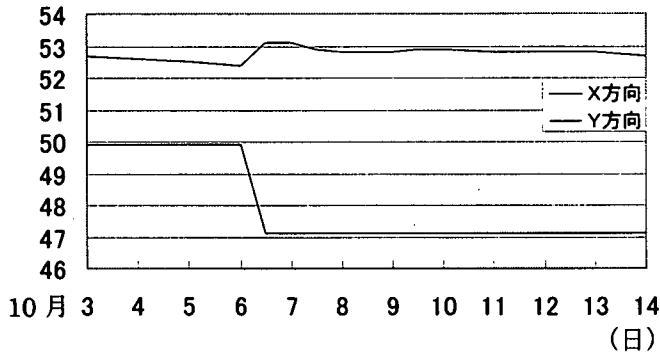


図10 下げ振りたわみ計設置場所とたわみ計の読み

5. シミュレーションによる永久変位の解析

前述の方法の妥当性を検討するため、3次元地盤モデルに対して国土地理院発表の断層パラメータ(表2)を用いて数値シミュレーションを行った。図10にシミュレーションによる動的地盤変位の結果を示す。この記録は、上からN-S、E-W、U-Dの各方向を示し、横軸原点はシミュレーション開始時刻である。ここで、このシミュレーションではダム上にメッシュがなかったため、ダムに最も近いメッシュ位置での結果を示す。

これを見ると、動的地盤変位の振幅こそ小さいが、変動状況と永久変位はダムでの観測結果とほぼ一致していると言える。

表2 計算に用いた断層パラメータ

| 項目 | 数値 |
|----------------|-----|
| 走向(北から時計回り)(度) | 152 |
| 傾斜角(度) | 86 |
| すべり角(度) | -7 |
| すべり量(m) | 1.4 |
| 深さ(km) | 5.0 |
| 断層の長さ(km) | 20 |
| 断層の幅(km) | 10 |

変位 (cm)

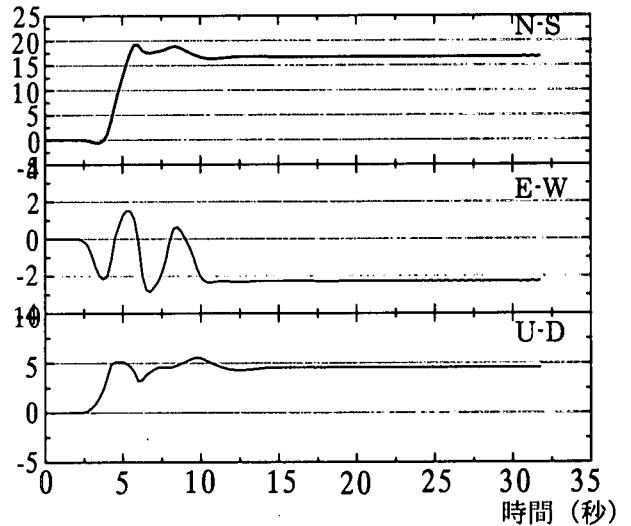


図11 ダム付近の動的地盤変位の数値解析結果

6. まとめ

本研究により得られた結論は以下の通りである。

- 1, 賀祥ダムのようにダム頂が橋梁型になっているダムのダム頂における振動記録は、ダム本体だけでなく橋梁の揺れが混ざり特異な性質を示す可能性がある。
- 2, 時間領域で直接積分した結果、ダム基礎での残留変位としてN-S方向は北へ約26cm、E-W方向に西へ約3.6cm、U-D方向に上へ約4.0cmが得られた。
- 3, 数値シミュレーションを行った結果、強震記録からの残留変位と整合する地盤変位が得られ、その有用性が確認できた。

謝辞：本研究に際し鳥取県土木部砂防課及び鳥取県米子土木事務所から強震記録や貯水位記録などのデータ提供、更には常時微動測定の許可など種々の便宜を図っていただいた。深く謝意を表する。

参考文献

- 1) 翠川三郎・藤本一雄：地震工学研究レポート No. 76-3, 2000年
- 2) 鳥取県米子土木事務所・賀祥ダム管理事務所：賀祥ダムパンフレット
- 3) 国土地理院：「数値地図50mメッシュ(標高) 日本3 CD-ROM版」1997年