

## I-433

## 岩盤における応答スペクトル

建設省土木研究所

正会員 松本徳久・大久保雅彦

## 1. はじめに

構造物の耐震設計における入力地震動を決定する資料として、岩盤で記録された地震動加速度の応答スペクトル特性を整理した。

## 2. 原記録

本報告で用いた加速度記録は、すべてダムサイト岩盤で記録されたものである。ダムサイトの総数は17で、北海道が4、東北が10、関東が2、中部が1という地域別内訳となっている。ダム基礎の $V_p$ （P波速度）は13ダムで3 km/s以上、4ダムで2 km/s程度である。 $V_s$ （S波速度）は測定されていないが $V_p$ から判断して、すべてのダムサイトで1 km/s程度以上はあると推定される。

記録の対象となった地震数は21で、1968年から1987年までの20年間に発成したものである。ひとつの地震について、複数個のダムサイトで記録が得られた地震が7地震ある。多くのダムで1ダムにつき1台の3成分加速度計が基礎に設置されているが、最大4台設置されているダムもある。紙数の関係で本報告では水平動のみ、応答スペクトルは減衰定数 $h=5\%$ のもののみのついて記す。加速度記録を地震のマグニチュード $M$ と震源からダムサイトまでの距離 $l$  (km)のよって分類すると表-1となる。表-1に示されるように $M \geq 7.25$ かつ $l < 100$  km という記録はない。また、記録を加速度の最大値 $\alpha_p$  (gal)によって分類すると表-2となる。なお $\alpha_p$ の最小値は5 gal程度である。

表-1 記録の $M$ ,  $l$ 別分類( $h=5\%$ )

|                      | $l < 30$ | $30 \leq l < 60$ | $60 \leq l < 100$ | $100 \leq l < 150$ | $150 \leq l < 200$ | $200 \leq l$ | 計  |
|----------------------|----------|------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------|----|
| $M < 6.25$           | 8        | 3                | 2                 | 9                  | 8                  | 0            | 30 |
| $6.25 \leq M < 6.75$ | 0        | 4                | 2                 | 2                  | 0                  | 0            | 8  |
| $6.75 \leq M < 7.25$ | 0        | 0                | 8                 | 6                  | 6                  | 4            | 24 |
| $7.25 \leq M < 7.75$ | 0        | 0                | 0                 | 4                  | 8                  | 14           | 26 |
| $7.75 \leq M$        | 0        | 0                | 0                 | 0                  | 0                  | 1            | 1  |
| 計                    | 8        | 7                | 12                | 21                 | 22                 | 19           | 89 |

記録器は、アパートメントのトンネル内あるいは、河床のトンネル内に設置されてるものが多い。ダムサイトであるので地形は当然河谷形状であり、記録に地形およびダム堤体の振動特性の影響が考えられるが、本報告では記録をそのまま使った。

記録計器は、いわゆるSMAC型、電磁型、普及型の3種使われており、必要なものについては、計器特性に応じた周波数補正を行った。

表-2 最大加速度分類

|                          |    |
|--------------------------|----|
| $\alpha_p < 10$          | 28 |
| $10 \leq \alpha_p < 30$  | 36 |
| $30 \leq \alpha_p < 60$  | 11 |
| $60 \leq \alpha_p < 100$ | 6  |
| $100 \leq \alpha_p$      | 8  |

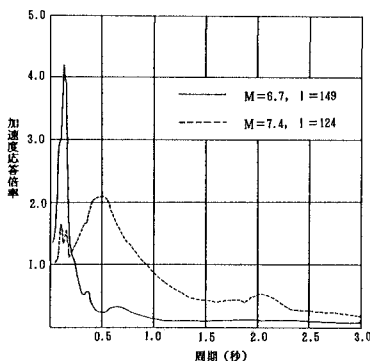


図-1 同一サイトでの加速度応答倍率

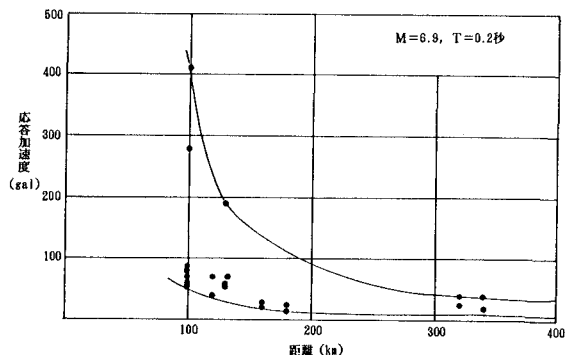


図-2 応答加速度の距離減衰

### 3. 応答スペクトルの特性

図-1は、同一ダムサイトで得られた異なる地震による倍率スペクトルの1例である。 $M=6.7$ の地震では0.1秒前後の短周期狭帯域であるが、 $M=7.4$ の地震では、0.5秒前後にピークがあり広帯域である。すなわち岩盤の地震動加速度の周波数特性は、地震によって決まり、地盤に特有の周期は存在しないと考えられる。図-2は、 $M=6.9$ 、 $T=0.2\text{sec}$ の場合の応答加速度 $S_a$ の距離減衰を示す。 $l > 150\text{km}$ では $S_a$ のパラツキは少ないが、 $l < 150\text{km}$ では大きい。このようなパラツキの背景には地震動の発振機構の特性を単に $M$ と $l$ で表示するということの問題がある。しかし、現段階の工学的対応としては、 $M$ および $l$ は

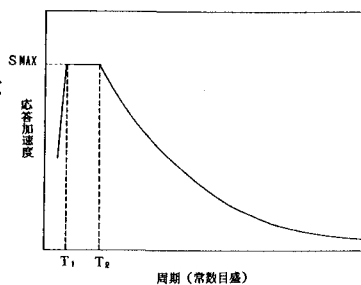


図-3 応答スペクトルの模式

与えられたものと考え、 $S_a$ のパラツキの上限値を設計値として採用すれば安全側である。 $S_a$ の上限値は統計処理の結果に基づいて決まるのが本来であろうが、現段階ではデータ数が少ないので、統計処理よりも単に図-2の包絡線最大値を採ることとする。以下、このような考え方に基づいて、表-1における、各マス毎の $S_a$ の包絡線を求めた。このとき、応答スペクトルは、図-3のような模式的表現をあてはめた。また以下表-2の区分は $6.25 \leq M < 6.75$ は $M \approx 6.5$ という代表値、 $30 \leq l < 60$ は母集団における $l$ の平均値をまるめた値等で示す。

| M     | l (km) | S <sub>max</sub> | T <sub>1</sub> | T <sub>2</sub> |
|-------|--------|------------------|----------------|----------------|
| M=6.0 | l=20   | 500              | 0.05           | 0.2            |
|       | l=40   | 400              | 0.1            | 0.2            |
|       | l=80   | 50               | 0.1            | 0.25           |
| M=7.0 | l=100  | 400              | 0.1            | 0.3            |
|       | l=130  | 200              | 0.1            | 0.4            |
|       | l=170  | 120              | 0.2            | 0.6            |
|       | l=340  | 70               | 0.2            | 0.7            |
| M=7.5 | l=140  | 500              | 0.1            | 0.6            |
|       | l=190  | 140              | 0.2            | 1.0            |
|       | l=280  | 110              | 0.2            | 1.2            |

表-3 加速度応答スペクトルの特性値

結果は表-3である。表-1において、 $6.25 \leq M < 6.75$ と $7.75 \leq M$ は、データが少ないので表-3から除外した。表-3をもとに $S_{\text{max}}$ の距離減衰を示す。真に入力地震動スペクトルとして欲しいのは、 $M=7.5$ 、 $l < 100$ のような地震である。図-4には、これに対応したデータポイントは少ないが表-3、図-4をもとに外挿すれば推定できる。

### 4. まとめ

ダムサイト岩盤で観測された地震動加速度の応答スペクトルを整理し、設計入力地震動を作成する基礎資料を得た。地震記録を得るのにお世話になった建設省、北海道開発局および県の関係各位に厚く謝意を表します。

### 5. 参考文献

1. G.W.Housner, " Behaviours of Structures During Earthquakes," Proc. ASCE, Vol.85, EM4, 1959
2. 松本徳久、他、" ダムサイト岩盤における地震動、" 建設省土木研究所資料、第1789号、1982年

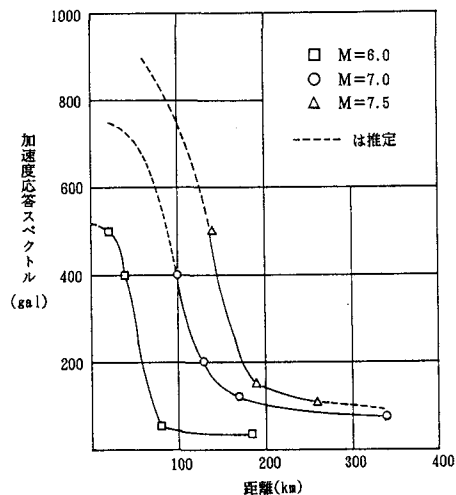


図-4  $S_{\text{max}}$ と $l$ の関係