

## 1. まえがき

入力あるいは応答の地震動の強さを示すものとして、最大加速度(絶対値)がこれまでよく用いられている。この理由として、強震記録あるいは計算された応答波形から確認しやすい事、また設計震度との結びつきが簡明であることなどが考えられる。しかしながら、これまでの地震被害の実態からみて、最大加速度が500 gal. を越えるような地震でも構造物の被害が極めて軽微であった例も報告されており<sup>1)</sup>、最大加速度と被害とが必ずしも明快に結びつかない場合も予想される。

一方、最大加速度以外の方法で地震動の強さを表現しようとする試みが少なからずおこなわれている。この場合、上記の地震被害の目的に限られるだけではなく、それぞれの研究目的のために、研究成果を評価する手法として考え出された場合もある。したがって、それぞれ試みられている手法相互の関連性、あるいは1つの手法の他の目的のための適用性について十分な議論がされているとは思えない。

この報告は、これまで提案されてくる地震動の強さを表現するいくつかの方法をとりあげ、ごく簡単にその特徴にふれ、松代地震における13組の実記録(落合橋での地表上と橋脚天端上)に各方法をあてはめ、松代地震といういわゆる直下型地震(落合橋にとって)のもとに各方法がどのように反応するかを得ようとするものである。

## 2. 提案されているいくつかの方法

たとえば気象庁震度階、MM震度階も1つの指標となり得るが、ここでは地震動として加速度波形だけに注目するものとする。したがって F. Newmann の提案する速度と被害の関連性<sup>2)</sup>についてもここではとりあげない。いま地震動を  $\ddot{y}(t)$  とすると、以下の方法が見出される。ここで名称は筆者らが適当に名付けたものもある。

$$(1) \text{最大加速度 } A_{\max} = |\ddot{y}(t)|_{\max}$$

これに対する各論点からの評価は多いが、たとえば、振動数に強く影響を受け、構造物の破壊現象に直接に關与する度合いは小さい<sup>3)</sup> として消極的に評価される場合もある。設計震度のような工学的震度と同類と思われる。

$$(2) \text{全絶対加速度 } A_T = \int_0^T |\ddot{y}(t)| dt, \quad \text{平均絶対加速度 } A_{\text{ave}} = \frac{1}{T} \int_0^T |\ddot{y}(t)| dt; T \text{ は継続時間}$$

これらは加速度波形とゼロ線とで囲まれた面積に相当するものだが、後述のパワーの方がこれらに比べて強く特性を示すという意見<sup>4)</sup>もある。

$$(3) \text{全パワー } P_T = \lim_{T \rightarrow \infty} \int_0^T \{\ddot{y}(t)\}^2 dt, \quad \text{平均パワー } P_{\text{ave}} = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T \{\ddot{y}(t)\}^2 dt$$

地震動の持つポテンシャルエネルギーを表わすのが全パワーであると考えられ、平均パワーは地震の規模を表わす1つの方法であるとされる例がある<sup>5)</sup>

$$(4) \text{時間的密度とその分布 } R_t = \int_{t-T}^{t+T} \{\ddot{y}(t)\}^2 dt$$

主要動の持続性、エネルギーの放出具合を表わすとされる。1つの加速度波形の中での  $R_t$  の最大ものを最大密度  $R_{\max}$  とする。これは時間区間を示すが山原氏の例<sup>5)</sup>では  $T = 16 \sim 30$  sec の波形に対して  $\tau = 0.5$  sec としている。本研究でも  $\tau = 0.5$  sec とし  $R_{\max}$  に注目する。

$$(5) \text{時間的密度の最大密度比 } R_{\text{ratio}} = R_{\max} / P_T$$

この値が大きい場合、1時期にエネルギーを放出していることになる。

$$(6) \text{rms 値 } r_{\text{ms}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T \{\ddot{y}(t)\}^2 dt} = \sqrt{P_{\text{ave}}} \quad (T: \text{有限})$$

自乗和の平方根である。後述の  $SI_{0.2}$  と共に地震動の激しさを推定するのに適している。<sup>6)</sup>

(7) 応答スペクトル曲線の最大値

$$(8) \text{Spectrum Intensity } SI_{0.2} = \int_{0.1}^{2.5} S_y(\xi=0.2, T_c) dT_c \quad T_c \text{ は周期 } \xi \text{ は減衰定数} \quad \text{7)}$$

速度応答スペクトル( $\xi=0.2$ )の0.1~2.5 secの周期間の面積であり、主として入力に対して構造物への影響を示す。

### 3. 用いた加速度波形

長野県長野市若穂町の落合橋11号橋脚での強震記録は、秘代群発地震(1965~1970年)で多く得られており、その中で脚上、地表かともにデジタル数値化されたのが表-1の13の地震である。<sup>3)</sup> 橋脚は高さ6.5mで地中の井筒基礎(高さ約14m)の上ののり、全体としてロッキングが主体の系である。<sup>4)</sup> 地震の中には設計震度を越えていると思われるものもあり、明らかに非線型挙動を示している場合がみられている。<sup>4)</sup> ここでは、この様な解析テーマを含めた目的で表-1のデータを対象とした。

波形の多くは、はじめの5sec程度に主要動があり、10sec程で一段落する。その後は10gal以下の波が続き、長いものでも20sec程度で終了する。

地震No.	橋脚天端	地表面
8	41.4	27.9
10	31.4	38.5
11	61.4	33.7
13	54.0	51.2
15	46.0	36.2
16	25.4	14.5
17	39.4	73.2
44	50.0	94.3
47	121.	230.
61	189.	206.
62	51.8	28.9
144	99.3	73.5
197	99.9	95.7

最大加速度(gal) (表-1)

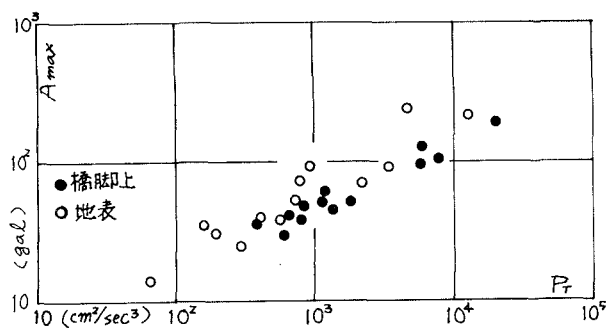


図-1 最大加速度と全パワー

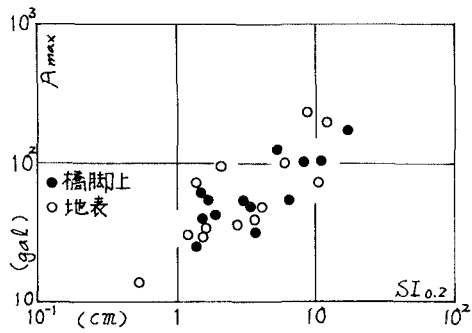


図-2 最大加速度と Spectrum Intensity

### 4. 解析結果

全パワーおよびSI<sub>0.2</sub>と最大加速度との関係を示したのが図-1、図-2である。これらの図から、たとえば、全パワーの方がSI<sub>0.2</sub>よりも最大加速度と相関性が高いであろうとか、あるいは、地表よりも橋脚上の記録の方がパワーが大きい等の傾向がうかがわれる。

表-2 は全パワーおよびSI<sub>0.2</sub>を中心にして、他の手法との相関性を求めたものである。相関係数は次式による。

$$\text{係数} = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \sum (y_i - \bar{y})^2}}, \quad \bar{x}, \bar{y} \text{ は平均値}$$

より詳しい解析結果は発表当日スライドにて示す予定である。

#### <引用文献>

- 1) 大沢 胖「昭和41年1月23日の秘代付近の地震における家屋その他の被害について」東大地震研究所彙報 Vol.44, 1966
- 2) 岡本舜三「耐震工学」オーム社, 1971, pp 21~22
- 3) 小林啓美「耐震設計に用いるべき地震動の強さについて」建築雑誌, 6月号, 1970
- 4) 岡井菊地「強震記録から推定される井筒基礎橋脚の動特性(2)」土木学会第31回全国大会, 1976
- 5) 山原 浩「地盤の振動特性を考慮した地震時の地動の推定」日本建築学会論文報告集, 第175号, 1970
- 6) 片山恒雄「擬似地震動の特性に関する研究」土木学会論文報告集, 第162号, 1969
- 7) Housner, G.W. "Vibration of Structures Induced by Seismic Waves, Shock and Vibration Handbook" Vol. III, pp 50-1~22, 1961
- 8) 土木研究所資料 第318号「地震記録のデジタル数値(2)」1968 および 第376号, 1973年