

1. はじめに 代表的な強震計であるSMAC-B2型強震計は、その特性上、波形に歪が生じるなどの不都合な点がある。このため、近年ではSMAC記録を数値化した場合、円弧歪の補正を行なうとともに、地震計の特性補正を行なうのが通例になっている。しかし、通常に行なわれている補正では最大加速度は一般に大きく大きく修正され、加速度と被害の関係がますます不明確になる傾向がある。そこで、どこまで特性補正すべきかについて、鉄道構造物の被害や応答の観点から検討したので報告する。

2. 鉄道構造物に被害が生じ始める地震 構造物に被害が発生する限界震央距離 Δ を地震の規模 M で与えた研究はいくつかあるが、鉄道構造物の場合には、浅発地震に対しては概ね次式が成立すると考えられている。

$$\log \Delta = 0.54M - 1.91 \quad (1)$$

この式はいくつ以上の M に対して適用すべきかを明らかにするため、在来線の近傍で発生した $M=4.5 \sim 6.5$ 、深さ $H \leq 20\text{km}$ の地震を中心に鉄道構造物の被害状況を調べた。

図1は、調査した地震の規模 M とその震央から鉄道構造物までの距離 Δ の関係($M-\Delta$ 図)を、被害の有無とともに示したものである。 Δ は、被害がない地震の場合には震央に一番近い線路地点における震央距離をとり、被害がある地震の場合には個々の被害地点までとした。図1によると、 $M5$ 程度以下の地震では被害はないか、あっても軽微なものであることがわかる。

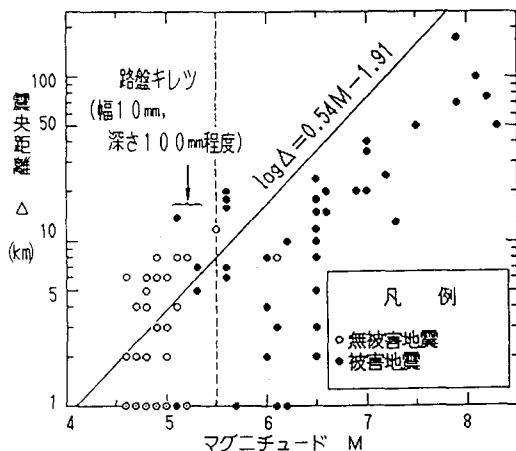


図1 在来線近傍に発生した地震

図2は東海道・山陽新幹線の対震列車防護装置が動作した地震に関する $M-\Delta$ 図である。 Δ は震央に最も近い線路地点の震央距離をとっている。図中◆印は構造物に被害

国鉄・鉄道技術研究所 正員 富田健司
国鉄・鉄道技術研究所 正員 中村 豊

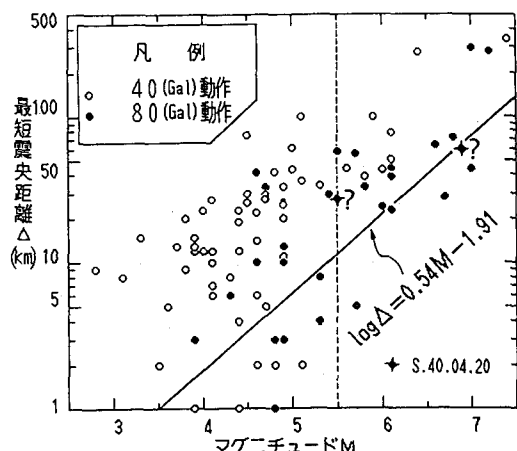


図2 東海道・山陽新幹線対震列車防護装置動作地震

が報告された地震であるが、昭和40年4月20日のもの以外は極く軽微な被害である。これによっても、 $M5$ 程度以下の地震は新幹線沿線近傍に数多く発生しているものの、新幹線構造物は、これらの地震によって被害を受けていないことがわかる。

以上のことから、 $M5$ 程度以下の地震では、鉄道構造物には被害はないか、あっても軽微なものと考えることができる。これ以上の規模の地震に対しては、(1)式により被害が生じる可能性のある範囲を推定できよう。

3. 地震計の特性の相違による最大加速度の相違 新幹線の対震列車防護装置が動作した地震について、防護装置が動作した地点での最大加速度を、いくつかの地震計を想定して調査した。防護装置設置点にはSMAC-B2型強震計が併設されているので、この地震計のデータを用いて想定する地震計による最大加速度を推定した。推定には参考文献にある簡易推定法を用いた。想定する地震計の減衰定数は、波形の歪をできるだけ少なくするために、0.7に設定した。固有振動数については、10Hz程度がSMAC-B2強震計波形を補正して得られる上限であること、鉄道構造物の固有振動数の上限より高くなければならないこと、等を考慮して、10Hzと5Hzの2種を選定した。以下、前者を地震計1、後者を地震計2という。図3はSMAC-B2、地震計1および地震計2の感度特性を比較したものである。

図4は地震計1(●印)および地震計2(○印)による最大加速度を、SMAC-B2によるものと比較したものである。地震計1はかなり大きな最大加速度を与え、SMAC-B2の2倍以上になることさえある。

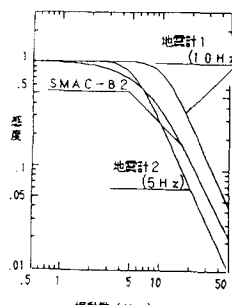


図3 地震計(加速度計)の感度曲線

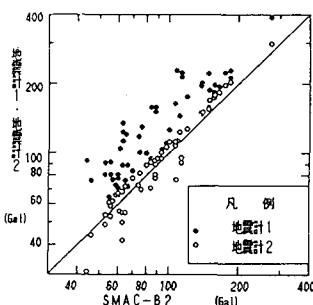


図4 SMAC-B2と想定地震計の最大加速度の比較

図5は、SMAC-B2に対する地震計1(●印)および地震計2(○印)の最大加速度の比をMと対比したものである。地震計1の比はMが小さい地震ほど大きくなる傾向が認められる。図1や図2からほぼ安全と考えられるM5程度以下の地震でその傾向は顕著である。これは規模の小さい地震ほど高い振動数成分が卓越するためと考えられるが、被害が生じないような地震動の最大加速度を徒らに大きくする原因となっているものと思われる。これに対して、地震計2の比は1程度以下であり、地震計1の傾向とは逆に、Mが大きくなるほど大きくなる傾向が認められる。

図6は、新幹線対策列車防護装置が動作した地点の地震計1による最大加速度を、120Gal以上(●印)と120Gal以下(○印)に分けて、M-Δ図上に示したものである。これ

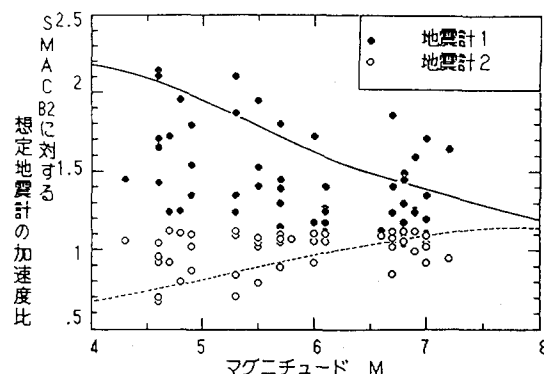


図5 SMAC-B2に対する想定地震計の加速度比

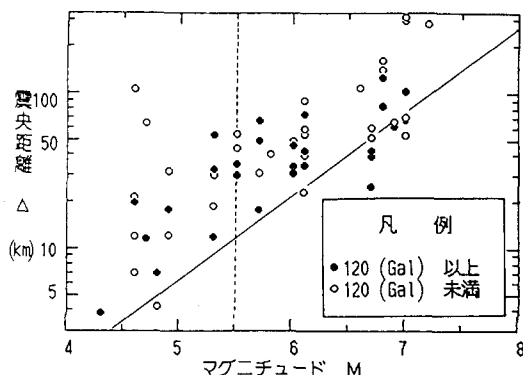


図6 地震計1による最大加速度

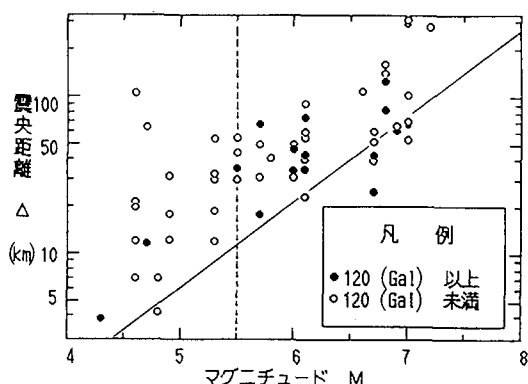


図7 地震計2による最大加速度

によると、地震計1による最大加速度はM5程度以下の地震でもしばしば120Galを超える。

図7は地震計2を想定した場合のものであるが、地震計2による最大加速度は、M5程度以下の地震では120Galを超えるのはわずかである。

4. まとめ 以上見てきたように、一般に地震計の特性が異なると最大加速度の値もかなり異なったものとなる。今日多くの種類の強震計が用いられているが、これらによって得られた加速度値は各々の強震計の特性を内包したものであり、得られた加速度を単純に整理するのは問題がある。最大加速度を整理する前に、地震計の特性を揃えることが必要であり、厳密にこれを実行するためには波形の数値化が必要になるが、すべての波形を数値化することは現実問題としてできることではない。しかし、最大加速度とその時の見掛けの周期の情報があれば、簡便法によってある程度特性を変換できるので、少なくとも、最大加速度を整理する前にはこのような処理を行なうことが必要なのではなからうか。最大加速度は固有振動数5Hzの地震計を想定して整理すると、徒らに値が大きくなることはないと考えられるし、これまで蓄積されたSMAC-B2による最大加速度のデータがほぼそのまま活用できる利点もある。

強震計によって得られた波形を構造物設計のための応答解析や地震時の被害を検討するために用いるのであれば、強震計の特性としては、対象とする構造物の固有振動数より高い振動数成分が記録できるものであればよい。徒らに高い振動数成分まで観測範囲に入ると、加速度振幅がぐやみに大きくなり、記録器のダイナミックレンジが無駄に使われることになる。このように考えると、少なくとも普及型強震計の特性としては、せいぜい10Hz程度までが記録できればよいのではなからうか。SMAC-B2強震計の特性補正も本質を見失わぬように行なう必要があるものとする。

〈参考文献〉 斉藤・中村: 強震記録の最大加速度とその周期に関する2、3の考察、第38回年次学術講演会概要集I