

松代地震の高域振動数特性について

Analyses on High Frequency Characteristics of Matsushiro Earthquakes

佐藤 壽芳・鈴木 浩平・武藤 敏昭

Hisayoshi SATO, Kohei SUZUKI and Toshiaki MUTO

1. ま え が き

松代地震が観測され始めてから、すでに一年を経過すこの間多くの研究者によって種々の観点から観測が行なわれ、また現在も続けられている。そしてその成果も報告され、興味ある事実が明らかにされつつある。

機械工学の立場から耐震設計を考える場合、対象となる構造物系のもつ固有振動数域が広いことから、地震動の振動数帯域がどのくらいであるかということが問題となっていた。

松代地震の場合、これまでに観測されている地震動中振動数成分に比べてかなり高い値の観測されることが伝えられていたが、筆者らは、これを確かめる機会を得たので、その結果について簡単に報告する。

2. 観 測 状 況

観測日時：昭和41年4月26, 27日

測定場所：長野県下高井郡若穂町保科在家公民館裏山

測点C：山の麓で基盤に続く岩盤が露出しているとみられる点

測点A：C点より斜面上方約30m 岩塊の上

測点B：A点よりさらに上方約30m の大岩塊上

を測点に選び、固有振動数280 cps, 可計測最大加速度10g の非接着歪計式加速度計を4ch データ・レコーダにつなぎテープを流したままで記録するようにした。測点と計測要素は、データ・レコーダの4ch 内に収まるように適宜組み合わせで測定した。

測定中に発生した地震は震度Ⅲのものが最大であり、以下にのべる結果もそのような地震記録に関するものである。

3. パワー・スペクトル

図・1はB点におけるNS成分地震記録の一例である。時間軸を一緒に入れてあることからわかるように、これまで通常みてきている地震記録に比べて高い振動数成分がある。また、主要動継続時間も短く、衝撃的であることが目立つ。今度の観測ではB点においてはこのような波形が特徴的であった。しかし、すでにのべたようにこれが普通地震の記録であることから、強震時にどう変わるかということについては問題が残る。

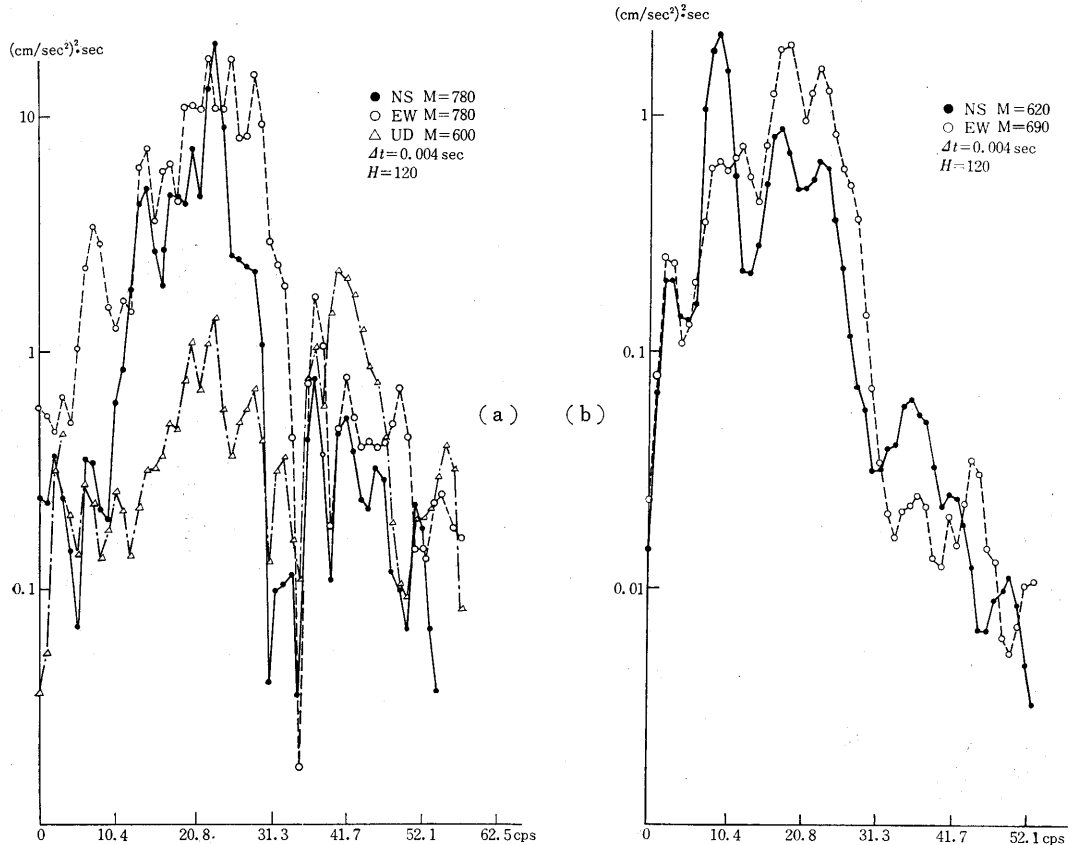
A点の波形はB点のそれよりも規則性が強くなっている。またC点では、振幅があまり大きくなり、かつ加速度計感度もこれを計れるほど大きくなかった。したがって初動から終わりまで明確な形でとれたものはなく、主要動の部分だけが記録されるにとどまった。けれども後述するように、必ずしも十分ではないがパワー・スペクトルは求めることができた。

なおC点の最大振幅に対するA, B点の最大振幅の倍率をA点15例, B点14例について求めた結果は、それぞれ4.8~16.2, 1.7~7.4にわたり、またその平均値は9.2, 3.7であった。A点の倍率の方が大きいことは、その記録波形の規則性が強いことと関連があるとみられる。

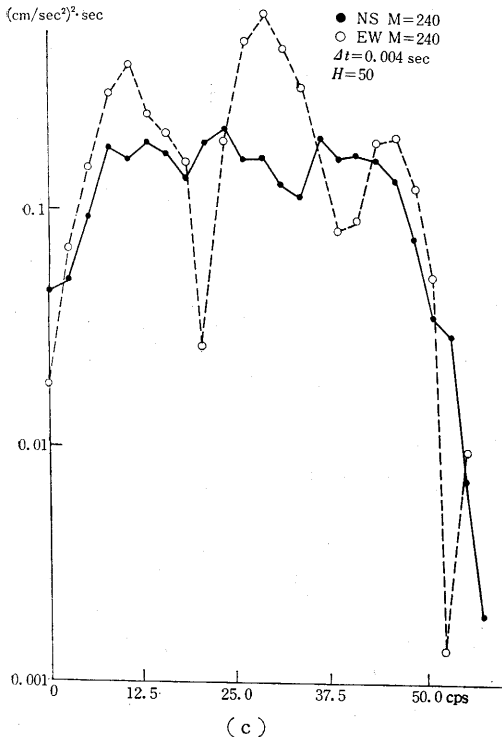
図・2(a),(b),(c)には、A, B, C点の記録をパワー・スペクトル解析した例を示す¹⁾。まずC点の例図・2(c)をみると、NS成分は7.5~45 cpsにわたって一様のスペクトル、EW成分は、10.0, 27.5, 45.0 cpsにピークがみられる。その他の場合でも、この山が7.5, 20.0, 40.0 cps程度に動くが、全体の傾向としては、これと大差ない傾向のものが得られている。また約50 cpsまで有意のスペクトルがみられる場合もあった。なおデータ読み取りの時間間隔 $\Delta t=0.004\text{sec}$, データ総数 $M=230, 240$, 相関関数をとるときの遅れの個数 $H=50$ (NS, EWに対して)なども図に示した。



図・1 地震記録例



図・2 パワースペクトル計算例



図・2 (a) は、A 点のパワー・スペクトル例である。他の場合も考慮しながらみると、7, 13 cps などにもピークがあるが、25 cps ぐらいに非常に卓越した成分が存在している。しかし上下振動成分では、25 cps 成分も卓越しているがむしろ 43 cps のピークの方が優勢になっている。振動数の低い方で 3 cps にも小さいピークがみられるが、測定の際のノイズのためこれに対する信頼性は薄い。

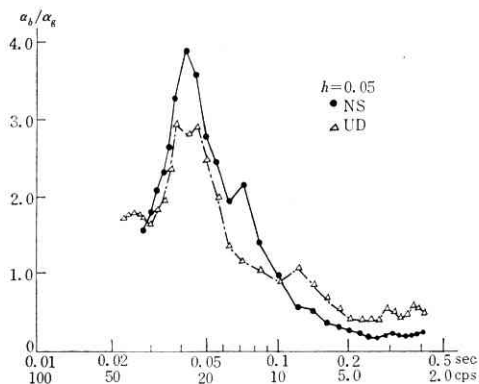
図・2 (b) は B 点の測定に関する例である。この点では測定上の制限から上下動はとれなかった。9.5, 20 cps が卓越した成分になっている。40 cps の成分もあるけれども、ピークの頂点の値にして約 40 db 少なくなっている。この傾向はこの地点について特徴的である。またこの点では、地震によって 13 cps ぐらいに卓越振動数ができる場合もあった。

保科の別の地点では強震計による強震記録がとられているが、この解析例によれば²⁾、約 9, 4, 2.5 cps に卓越振動数が出ていた。B, C 点のスペクトルにみられた 10, 9.5 cps の振動数がこのうちの一つの 9 cps に一致するものと考えられる。

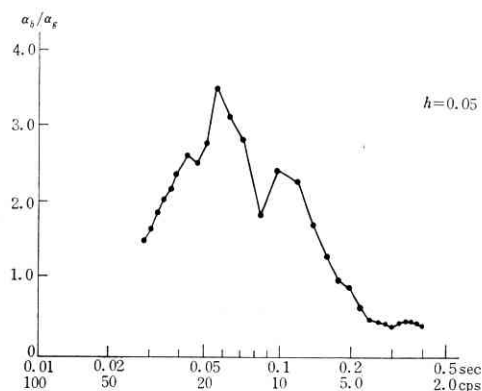
研 究 速 報

4. 応答曲線と加速度軌跡

図・3(a)(b)は、図・2(b)(c)に対応する記録に対し減衰定数 $h=0.05$ として一質点系加速度応答倍率曲線を求めたものである。アメリカで参考とされている標準加速度応答曲線³⁾では、周期約 0.25sec ぐらいにピークがあり、それより短い周期では点線で結ばれている。図・3は、その部分について一つの資料を与えるものと考えられる。一質点系で模擬しうる構造物の固有周期と



(a)



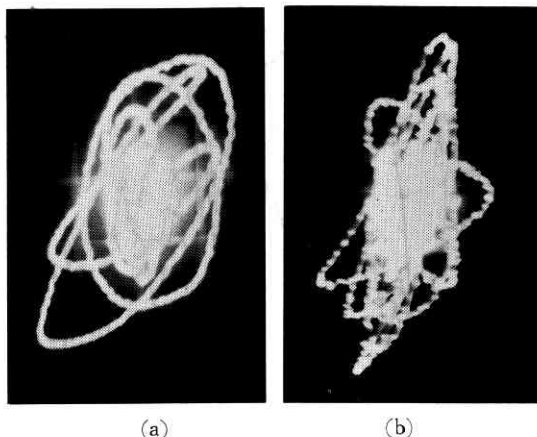
(b)

図・3 一質点系加速度倍率応答曲線計算例

して 0.25 sec 以下のものがあるとしたときに、耐震設計の主要な要素として考える必要があるかどうかという問題もあるが、応答曲線という観点からは、卓越周期成分のところにピークができて、応答倍率の値もこれまでより長い周期成分の範囲で求められているのとはほぼ同じになることを示している。

なお図・3(a)の上下動の曲線で、40cps 付近に対してはもとのデータの数値化時間幅が十分短くならないため、これをもう少し短くすることによって応答倍率の値は増加することが予想される。

図・4は、縦軸に NS、横軸に EW 各成分をとって、A 点において加速度記録の軌跡をかかせた例である。主要動部分が振幅の小さいレベルのところから飛びだしていることがよくわかる。同図(b)は、かなり方向性が強く、大振幅では、ほとんど一方向といってもよいような振動となっている。最大振幅がもっと小さい地震では、



図・4 加速度軌跡例

このような方向性がみられず円形に近くなっているものが多いことから、これが測点に特徴的なことなのか、地震が強くなってくると表われるのか、という問題は残る。

5. む す び

松代地震について、高振動数域を調べるために測定を試み解析を行なった。機械・配管系の固有振動数域が 5 cps 以上にもあるため、地震の振動数帯域がどのくらいまで伸びているかということについて問題があったが、以上の例では少なくとも 40 cps ぐらいにまでは広がる場合のあることがわかった。機械系の耐震設計を考えるにあたってこれをどう取り扱うかは、今後の問題となる。

測定にあたって、ご援助をいただいた本学地震研究所萩原所長、ご援助ご計議下さった本学亘理・藤井教授、河角名誉教授、金井教授、柴田助教に感謝する。また応答計算の際、三菱原子力工業 IBM7090 使用の便宜をおはかり下さった同社研究所川口氏に深謝する。

(1966年7月28日受理)

参 考 文 献

- 1) 佐藤, 鈴木, 武蔵: 松代地震加速度記録のパワー・スペクトル計算例, 日本機械学会配管等耐震設計法調査分科会資料 F-13(1966. 6)
- 2) 金井: 強震計観測と常時微動観測, 松代地震総合報告会講演要旨, 科学技術庁国立防災科学技術センター(1966. 7)
- 3) U.S. AEC: Nuclear Reactors and Earthquakes, (TID-7024) (1963. 8)